

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,
GEODESIA Y CARTOGRAFÍA
TITULACIÓN DE GRADO EN GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

DOCUMENTACIÓN GEOESPACIAL
EN EL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO
GEOKTCHIK DEPE, TURKMENISTÁN



Madrid, Junio, 2015

Alumna: Clara Martínez de Ibárreta
Soriano

Tutor: M^a Teresa Fernández Pareja
Cotutor: Óscar Luis Miguel Castro

ÍNDICE

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA	1
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	1
2.1. OBJETIVOS GENERALES	1
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. ALCANCE DEL PROYECTO	2
3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA	2
3.2. ESQUEMAS DE APLICACIÓN	3
4. ANTECEDENTES	3
4.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	3
4.2. FUNDAMENTOS	4
4.2.1 Global Navigation Satellite (GNSS)	4
4.2.2 Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)	6
5. NORMAS Y REFERENCIAS	9
5.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS	9
5.2. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	9
5.2.1 Libros	9
5.2.2 Comunicaciones, Artículos y Ponencias	10
5.2.3 Enlaces Web	10
5.3. APLICACIONES INFORMÁTICAS EMPLEADAS	13
6. DEFINICIONES, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	13
6.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS	13
6.2. ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	14
7. FASE EXPERIMENTAL	16
7.1. EQUIPOS GEOMÁTICOS	16
7.1.1 Elección y configuración de los equipos	16
7.2. CAPTURA DE DATOS	17
7.2.1 Diseño y observación de la red fundamental	18
7.2.2 Observaciones experimentales	19

7.3. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.....	20
7.3.1 Diseño del procesado y tratamiento de los datos.....	20
7.3.2 Red fundamental. Red International GNSS Service for Geodynamic (IGS)	21
7.3.3 Modelo del geoide.....	25
7.4. CARTOGRAFÍA.....	26
7.4.1 Preparación de las capas.....	26
7.4.2 Creación de las curvas de nivel.....	26
7.4.3 Edición de las curvas de nivel.....	27
7.4.4 Preparación de la cartela	28
7.4.5 Presentación de la cartografía	28
7.5. GEOPORTAL	28
7.5.1 Elección del software	29
7.5.2 Base de datos	29
7.5.3 Simbología.....	30
7.5.4 Publicación y visualización de capas	30
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	31
8.1. RED FUNDAMENTAL	31
8.2. PRODUCTO CARTOGRÁFICO.....	32
8.3. GEOPORTAL.....	34
9. CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS.	35
10. PLANIFICACIÓN	36
10.1. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	36
10.2. VALORACIÓN ECONÓMICA	38
11. CONCLUSIONES.....	38
DOCUMENTO N° 2: ANEXOS	41
ANEXO I: REFERENCIAS HISTÓRICAS	41
1. INTRODUCCIÓN.....	41
2. OBSERVACIONES HISTÓRICAS DEL ÁREA GEOGRÁFICA.....	41
2.1. LOCALIZACIÓN	41
2.2. HISTORIA DEL TERRITORIO.....	42
2.3. HISTORIA DEL YACIMIENTO	43
ANEXO II: PREPARACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE LA FASE EXPERIMENTAL	47

1. INTRODUCCIÓN	47
2. RED FUNDAMENTAL. RED INTERNATIONAL GNSS SERVICE FOR GEODYNAMIC (IGS)	47
2.1. SOFTWARE LEICA GEO OFFICE (LGO).....	47
2.2. SOFTWARE BERNESE	48
3. MODELO DEL GEOIDE	49
4. CARTOGRAFÍA	50
4.1. DOCUMENTOS INICIALES.....	50
4.2. DOCUMENTOS PARA LA EDICIÓN DEL CURVADO	50
4.3. DOCUMENTOS PARA LA MAQUETACIÓN	51
5. GEOPORTAL	51
ANEXO III: PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA	53
1. RED FUNDAMENTAL. RED INTERNATIONAL GNSS SERVICE FOR GEODYNAMIC (IGS)	53
1.1. PREPARACIÓN Y OBSERVACIÓN.....	53
1.1.1 Distribución de los puntos de la red	53
1.1.2 Observación de la red fundamental.....	54
1.2. PROCESADO Y CÁLCULO	55
1.2.1 Información previa	56
1.2.2 Cálculo con software Leica Geo Office (LGO).....	56
1.2.3 Método de Posicionamiento Puntual Preciso (PPP).....	59
1.2.4 Cálculos on-line	63
1.2.5 Bernese	67
1.3. BALANCE DE LOS PROGRAMAS UTILIZADOS	70
2. MODELO DEL GEOIDE	71
2.1. PREPARACIÓN DE LOS DATOS	71
2.2. OBTENCIÓN DE RESULTADOS	72
2.2.1 Obtención de ondulaciones de geoide	72
2.2.2 Obtención de alturas ortométricas	73
3. CURVADO	74
3.1. TRABAJOS PRELIMINARES.....	74
3.2. OBTENCIÓN DE CURVAS DE NIVEL.....	76
3.2.1 Obtención en ArcGIS.....	77

3.2.2 Obtención en MDTop	79
3.2.3 Comparación del curvado en ArcGIS y MDTop	80
3.3. EDICIÓN DEL CURVADO	80
3.3.1 Suavizado de líneas	81
3.3.2 Cortes por estructuras	81
3.3.3 Dibujo de las catas arqueológicas	83
3.3.4 Control de calidad del curvado. Soluciones aplicadas	83
4. OBTENCIÓN DEL PRODUCTO FINAL	85
4.1. MAQUETADO	85
4.1.1 Apariencia del curvado	85
4.1.2 Cuadrícula	86
4.1.3 Cartela	86
4.1.4 Dimensiones	88
4.2. CONTROL DE CALIDAD: IMPRESIÓN Y DIGITAL	88
ANEXO IV: DISEÑO DEL GEOPORTAL	91
1. INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES	91
1.1. INTRODUCCIÓN	91
1.2. PREPARACIÓN DE LOS DATOS	91
2. SOFTWARE	92
2.1. ELECCIÓN DEL SOFTWARE	92
2.2. INSTALACIÓN	92
3. SOLUCIONES ADOPTADAS	94
3.1. BASE DE DATOS	94
3.2. SIMBOLOGÍA	99
3.3. PREPARACIÓN DE GEOSERVER	103
3.4. PUBLICACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE CAPAS	106
3.5. VISOR EN GEOEXPLORER	109
3.6. RESULTADO FINAL	111
4. CONTROL DE CALIDAD DEL GEOPORTAL	112
ANEXO V: PLANIFICACIÓN TEMPORAL DEL PROYECTO	115
1. INTRODUCCIÓN	115
2. RECURSOS	115

2.1. RECURSOS MATERIALES	115
2.1.1 Adquisición de datos	115
2.1.2 Procesamiento de los datos	116
2.2. INSTALACIONES	117
3. ACTIVIDADES DEL PROYECTO	117
3.1. TAREAS DESARROLLADAS	117
3.2. PAUTA TEMPORAL.....	119
3.2.1 Planificación del proyecto	119
3.2.2 Elaboración del proyecto	119
3.2.3 Documentación del proyecto	120
DOCUMENTO N° 3: PLANOS	121
1. INTRODUCCIÓN	121
1.1. MAPAS DE LOCALIZACIÓN	121
1.2. DISTRIBUCIÓN DE HOJAS	122
1.3. RESEÑAS DE LOS VÉRTICES DE LA RED	124
2. MAPAS	125
DOCUMENTO N° 4: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES	127
1. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS	127
1.1. INTRODUCCIÓN.....	127
1.2. CARTOGRAFÍA.....	127
1.3. GEOPORTAL	128
2. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES ADMINISTRATIVAS	128
2.1. LEY DE PROTECCIÓN DE DATOS	128
2.2. LICENCIAS	128
2.3. GARANTIA DEL MATERIAL.....	129
2.4. DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR	129
DOCUMENTO N° 5: PRESUPUESTO.....	131
1. OBJETO	131
2. PRESUPUESTO	131
2.1. PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA.....	131
2.2. PRECIO UNITARIO DE RECURSOS MATERIALES	132
2.3. PRESUPUESTO TOTAL	133

DOCUMENTO N° 6: ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA.....	135
1. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	135
1.1. INTRODUCCIÓN.....	135
1.2. ALCANCE.....	135
2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	135
2.1. POSIBLES RIESGOS	136
2.1.1 Operaciones de campo	136
2.1.2 Operaciones en gabinete	136
2.2. PREVENCIÓN.....	136
2.2.1 Operaciones de campo	137
2.2.2 Operaciones en gabinete	138
3. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	139
3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS.....	139
3.2. ESTIMACIÓN DE EFECTOS.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1: Mapa de localización del yacimiento Geoktchik Depe.</i>	3
<i>Fig. 2: Esquema de altitudes.</i>	5
<i>Fig. 3: Estructura del modelo Cliente/Servidor.</i>	8
<i>Fig. 4: Distribución de los cinco vértices de la red básica.</i>	18
<i>Fig. 5: Puntos del levantamiento por colores según día de toma de datos.</i>	19
<i>Fig. 6: La red mundial de estaciones permanentes IGS.</i>	21
<i>Fig. 7: Distribución de las antenas fijas IGS.</i>	22
<i>Fig. 8: Mapa de actividad ionosférica. TEC 2014.</i>	24
<i>Fig. 9: Curvado de 50 cm obtenido a partir del ráster creado tras el TIN.</i>	27
<i>Fig. 10: Corte del curvado debido a la estructura superior del tell.</i>	28
<i>Fig. 11: Pantalla de inicio de OpenGeo Suite 3.1.</i>	29
<i>Fig. 12: Visualización final de las capas en el geoportal.</i>	30
<i>Fig. 13: Mapa a escala 1/1000.</i>	32
<i>Fig. 14: Mapa con imagen satélite a escala 1/1000.</i>	33
<i>Fig. 15: Muestra de cartografía. Hoja 6 de 6 de la escala 1/500.</i>	33
<i>Fig. 16: Muestra de cartografía. Hoja 1 de 5 de la escala 1/250.</i>	34
<i>Fig. 17: Resultado del geoportal mediante GeoExplorer.</i>	35
<i>Fig. 18: Resultado del curvado a 50 centímetros tras edición manual.</i>	36
<i>Fig. 19: Región de Hircania/Dehistán y situación de Geoktchik Depe.</i>	41
<i>Fig. 20: Vista de Geoktchik Depe.</i>	42
<i>Fig. 21: Cronología Protohistoria.</i>	43
<i>Fig. 22: Muros de la estructura de adobe en el interior del tell.</i>	44
<i>Fig. 23: Estructura de adobe en el interior del tell.</i>	44
<i>Fig. 24: Cronología presasánida.</i>	45
<i>Fig. 25: Cronología sasánido-islámica.</i>	45
<i>Fig. 26: Asentamiento sasánido-islámico de Geoktchik Depe.</i>	46
<i>Fig. 27: Formatos posibles para entrada de datos del geoportal.</i>	52
<i>Fig. 28: Distribución de los cinco vértices de la red básica.</i>	54
<i>Fig. 29: Flujo de trabajo.</i>	55
<i>Fig. 30: Procesamiento de la red fundamental con LGO.</i>	57
<i>Fig. 31: Líneas base de la red fundamental.</i>	57
<i>Fig. 32: Enlace de la red IGS y la red fundamental.</i>	58
<i>Fig. 33: Líneas base del enlace entre la red IGS y la red fundamental.</i>	58
<i>Fig. 34: Coordenadas de la red.</i>	59
<i>Fig. 35: Flujo de trabajo de los métodos PPP.</i>	59
<i>Fig. 36: Registro en la página NRCan.</i>	60
<i>Fig. 37: Procesamiento PPP en la página de NRCan.</i>	60
<i>Fig. 38: Confirmación de operación aceptada.</i>	61
<i>Fig. 39: Procesado con el método PPP a través del IBGE.</i>	61
<i>Fig. 40: Confirmación de proceso realizado correctamente.</i>	62
<i>Fig. 41: Extracto del servicio de tratamiento de datos PPP de Magic-GNSS.</i>	63

Fig. 42: Calculador OPUS de la NOAA.	64
Fig. 43: Calculador OPUS, carga de información completa y aceptada.	65
Fig. 44: Informe de resultados del calculador OPUS.	65
Fig. 45: Calculador online de Trimble.	66
Fig. 46: Fragmento del informe de resultados del calculador online de Trimble.....	67
Fig. 47: Estructura de carpetas.....	68
Fig. 48: Resultados de la repetibilidad de la solución con Bernese.....	69
Fig. 49: Mapa de actividad ionosférica. TEC 2014.	70
Fig. 50: Modelización del geoide mediante el programa Geoids.	71
Fig. 51: Pantalla de símbolo del sistema. Depuración de “interp_2p5min.exe”	72
Fig. 52: Fragmento de resultados de "OUTPUT.DAT".....	73
Fig. 53: Cálculo de alturas ortométricas para los puntos del levantamiento.	73
Fig. 54: Tabla de atributos de ArcGIS.	74
Fig. 55: Proyección de los puntos de campo.	75
Fig. 56: Estructura de una capa shapefile.	75
Fig. 57: Imagen satelital añadida en proyecto ArcGIS.	76
Fig. 58: Modelo TIN de interpolación en ArcGIS creado a partir de los puntos del levantamiento.....	77
Fig. 59: Conversión de TIN a ráster.....	77
Fig. 60: Transformación del modelo TIN a ráster en ArcMap.	78
Fig. 61: Curvas de nivel sobre superficie ráster.	78
Fig. 62: Triangulación de los puntos de levantamiento en MDTopX.....	79
Fig. 63: Curvas de nivel con el programa MDTopX.	79
Fig. 64: Comparación de curvados de ArcMap y MDTop.....	80
Fig. 65: Suavizado del curvado, en verde, sobre curvado sin suavizar, en rojo.	81
Fig. 66: Imagen antes de la georreferenciación.....	82
Fig. 67: Edición de isohipsas debido a la estructura del depe.	82
Fig. 68: Creación de las catas arqueológicas.....	83
Fig. 69: Control de calidad de los curvados.	84
Fig. 70: Creación de puntos de cota o altitud.....	85
Fig. 71: Cuadrícula en el mapa.....	86
Fig. 72: Colocación de la cartela.	87
Fig. 73: Ejemplo de situación de la cartela.	87
Fig. 74: Configuración de la hoja de mapa.	88
Fig. 75: Estructura de OpenGeo Suite.....	93
Fig. 76: OpenGeo Suite 3.1.....	93
Fig. 77: Definición de una nueva base de datos en PostGIS mediante pgAdmin III.....	94
Fig. 78: Estructura de la base de datos recién creada en pgAdmin III.	95
Fig. 79: Conexión exitosa de la base de datos para la importación de ficheros.	96
Fig. 80: Importación de capas shapefile completada con éxito.	97
Fig. 81: Conexión de QGIS con la base de datos PostGIS.....	98
Fig. 82: Creación de atributos en una tabla.	98
Fig. 83: Carpeta de información del servidor.....	99
Fig. 84: Carga de atributos de la tabla de la base de datos.	99

<i>Fig. 85: Conectar la base de datos con Atlas Syler.</i>	100
<i>Fig. 86: Creación del almacén de datos vectoriales en GeoServer.</i>	104
<i>Fig. 87: Publicación de la imagen satelital en el geoportal.</i>	104
<i>Fig. 88: Detalles de los atributos de la capa publicada en GeoServer.</i>	105
<i>Fig. 89: Editor de estilos de GeoServer y unificación de códigos XML.</i>	105
<i>Fig. 90: Lista de estilos de GeoServer.</i>	106
<i>Fig. 91: Nueva capa y publicación en GeoServer.</i>	106
<i>Fig. 92: Detalle de la publicación de la capa.</i>	107
<i>Fig. 93: Comprobación exitosa de la publicación de capas.</i>	108
<i>Fig. 94: Visualización de la capa publicada en OpenLayers.</i>	108
<i>Fig. 95: Visualización de capas en GeoExplorer.</i>	109
<i>Fig. 96: Visualización de atributos de la capa.</i>	110
<i>Fig. 97: Guardar y exportar mapa creado con GeoExplorer.</i>	110
<i>Fig. 98: Exportar mapa desde GeoExplorer.</i>	111
<i>Fig. 99: Ajuste de la longitud del campo "zhv" en la BB.DD.</i>	112
<i>Fig. 100: Establecer cabecera de respuesta de caché.</i>	113
<i>Fig. 101: Resultado del geoportal.</i>	113
<i>Fig. 102: Mapa mundi centrado en Turkmenistán.</i>	121
<i>Fig. 103: Mapa de localización del yacimiento Geoktchik Depe.</i>	122
<i>Fig. 104: Distribución de hojas de la serie 1/500.</i>	123
<i>Fig. 105: Distribución de hojas de la serie 1/250.</i>	124

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Precisiones esperadas según las características de los métodos de observación GNSS.</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2: Coordenadas obtenidas de las sesiones de Bernese.</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3: Comparativa de coordenadas.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 4: Comparativa de coordenadas del vértice 11 de la red según procedimientos de cálculo.</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 5: Planificación por fases del proyecto.</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 6: Fases del proyecto y subfases generales.</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 7: Desglose completo de procesos.</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 8: Estructura temporal del bloque de planificación del proyecto.</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 9: Estructura temporal del bloque de elaboración del proyecto.</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 10: Estructura temporal del bloque de documentación del proyecto.</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 11: Precio mano de obra.</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 12: Precio desglosado de mano de obra.</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 13: Precio de alquiler del instrumental empleado.</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 14: Precio por recurso material.</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 15: Precio de las licencias de software.</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 16: Presupuesto del proyecto.</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 17: Efectos biológicos de las radiaciones.</i>	<i>137</i>

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Trabajo Fin de Grado, de ahora en adelante TFG, se han realizado las operaciones de captura y procesamiento de datos, con el fin de obtener una serie de productos cartográficos. El diseño, tratamiento y edición de dichos datos se amplía hasta la aplicación de técnicas informáticas para desarrollar una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) en forma de geoportal. La localización del TFG es el área arqueológica de Geoktchik Depe, en la región del Dehistán, Turkmenistán.

El proyecto desarrollado se puede dividir en dos líneas de actuación: cartografía e IDE. Ambas ramas se apoyan una a otra puesto que comparten la información recopilada en campo. Además, el geoportal obtenido se ejecuta mediante las capas de datos tratadas y editadas en la fase cartográfica. Las dos líneas presentadas podrían ser englobadas en una fase experimental que se inicia con la captura de datos y termina en la producción cartográfica tanto en formato papel como digital.

Manteniendo como área común la captura de información realizada en campo, se procede a detallar brevemente las líneas de actuación: la cartografía incluye desde el diseño y gestión de la red fundamental hasta la impresión del mapa final, pasando por la creación y edición de los elementos cartografiados; respecto a la IDE, se ha creado un geoportal del yacimiento Geoktchik Depe que se apoya en los datos de la fase cartográfica y en la actualización de datos de una IDE de la zona, desarrollada en el Trabajo Fin de Máster de D. Óscar Luis Miguel Castro. La elaboración de esta fase culmina con la presentación de la información relacionada con el yacimiento a través de una página web. El geoportal se ha establecido mediante software libre.

El TFG está estructurado de tal forma que sigue la norma UNE 157001:2014 que responde a los criterios generales para la elaboración de proyectos, [36].

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GENERALES

En el TFG se va a llevar a cabo una secuencia de los procesos necesarios para desarrollar un proyecto geomático, desde la adquisición de datos hasta la obtención de productos cartográficos, ya sean en formato analógico o digital.

Los objetivos generales del TFG son los siguientes:

- Desarrollar y afianzar la práctica de las capacidades adquiridas durante las asignaturas que conforman la titulación de Grado en Ingeniería Geomática y Topografía.

- Aplicar y ampliar los conocimientos adquiridos y desarrollar las capacidades de análisis y síntesis, así como de gestión e integración de datos.
- Difundir la información geográfica obtenida mediante un geoportal, tanto para historiadores y técnicos, como para el público en general.
- Elaborar un trabajo que pueda ser utilizado como base para presentes y futuras actuaciones arqueológicas en la zona.
- Obtener los documentos cartográficos que subsanen la necesidad inicial de la Misión arqueológica hispano-turkmena.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se procede a listar una serie de propósitos relacionados con la elaboración del presente documento:

- Conocer el entorno histórico del área de estudio.
- Diseñar y observar una red fundamental.
- Ampliar y dominar el uso del software de trabajo ArcGIS, así como las extensiones disponibles de dicho software, ArcMap o ArcScene.
- Adquirir habilidades en la configuración y el manejo del instrumental geomático empleado.
- Conocer y utilizar el software libre OpenGeo Suite.
- Ejercitarse en la búsqueda de la información necesaria para el procesado de datos.
- Integrar información de diversas fuentes mediante la homogeneización de ficheros.
- Editar y procesar curvados a escalas 1/250, 1/500 y 1/1000 del área geográfica de Geoktchik Depe.
- Editar la representación gráfica de la zona de trabajo en las diferentes escalas, incluyendo una imagen de satélite.
- Diseñar y desarrollar un geoportal apto para la integración de datos de las excavaciones, trabajos anteriores y que pueda ser actualizado mediante la inserción de la información geoespacial recogida en el TFG.
- Realizar un control de calidad de los datos geográficos.

3. ALCANCE DEL PROYECTO

3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El TFG se ha elaborado partiendo de los datos recogidos en el yacimiento arqueológico de Geoktchik Depe, Turkmenistán. La localización aproximada de dicho yacimiento es 38° 14' 52'' N y 54° 26' 59'' E.



Fig. 1: Mapa de localización del yacimiento Geoktchik Depe.

3.2. ESQUEMAS DE APLICACIÓN

La técnica empleada en la captura de datos en campo es la observación mediante técnicas y metodología *Global Navigation Satellite System* (GNSS).

La elaboración de la cartografía ha perseguido la adecuación de convenciones y cánones de los pliegos de condiciones relacionados.

En cuanto al desarrollo del geoportal, se han aplicado los estándares correspondientes al *Open Geospatial Consortium* (OGC).

4. ANTECEDENTES

4.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La realización del TFG se enmarca en la campaña arqueológica de la Misión turkmeno-española de 2014 en el yacimiento Geoktchik Depe, dirigida por el Prof. Dr. Joaquín M^a Córdoba Zoilo, formada por componentes de distintas áreas y disciplinas pertenecientes al Grupo de Investigación consolidado “Culturas, Tecnologías y Medioambiente de las Sociedades de Oriente Próximo y

Antiguo” liderado por el Prof. Dr. Córdoba y del que forma parte la Prof. Dra. Teresa Fernández Pareja.

El TFG tiene como primera referencia sobre el yacimiento Geoktchik Depe el Trabajo Fin de Máster de D. Óscar Luis Miguel Castro. En él se desarrolla una IDE implementada con la normativa europea INSPIRE.

Con la convergencia de los puntos anteriores se cimienta este proyecto, “Documentación geoespacial en el yacimiento arqueológico Geoktchik Depe, Turkmenistán”, mediante la elaboración de cartografía a diferentes escalas y su difusión.

4.2. FUNDAMENTOS

4.2.1 Global Navigation Satellite (GNSS)

GNSS es un sistema de posicionamiento geodésico global que comprende todos los sistemas de navegación por satélite, tanto los que ya han sido implementados, GPS y GLONASS, como los que están en desarrollo, Galileo y Beidou por ejemplo. El empleo de equipos GNSS permite determinar los parámetros de velocidad, dirección y altura de cuerpos en movimiento, así como asignar a los puntos de interés coordenadas cartesianas en un sistema de referencia global mediante la observación y recepción de señales procedentes de satélites artificiales en posición conocida.

Las partes fundamentales del sistema GNSS son el sector espacial, de control y de usuario. En este último sector se encuentran incluidos todos los equipos, cualquiera que sea la solución que presenten para la obtención de las coordenadas de un punto, lo que de manera generalizada se denomina posicionar un punto.

El segmento de control está compuesto por estaciones fijas en tierra. Su misión es el seguimiento y control de los satélites determinando los parámetros orbitales y el estado de los relojes. Esta información es transmitida a los satélites y éstos la envían a los receptores.

El sector o segmento espacial en GPS contiene en órbita una constelación de 30 satélites en seis planos orbitales con un mínimo de cuatro satélites por órbita y a una altura aproximada de 22.200 km. Los GPS III serán la siguiente generación de satélites. El GPS IIIA transmitirá una nueva señal civil, L1C, diseñada para ser altamente interoperable con la señal del sistema de navegación por satélite europeo Galileo y destinada a ser totalmente compatible e interoperable con las señales planificadas para transmitir mediante el sistema japonés *Quazi-Zenith Satellite System* (QZSS). La constelación GLONASS está formada por 21 satélites activos y tres de reserva situados en tres planos orbitales separados 120°, con ocho satélites en cada plano a unos 19.130 km de altura y un período de aproximadamente once horas. Periódicamente se seleccionan los 21 satélites que resultan dar la combinación más eficiente para que sobre el 97% de la superficie terrestre se vean al menos cuatro satélites de forma continua. La actual generación de satélites es la de los Ouragan-M, que incorporan un segundo código civil muy importante para los receptores tipo GIS/mapping. Los

satélites de la siguiente generación, Ouragan-K, utilizarán una tercera frecuencia destinada a las aplicaciones civiles, [7].

La Asociación internacional de Geodesia creó en 1994 el *International GNSS Service for Geodynamic* (IGS). Esta red es un submarco de estaciones civiles por todo el mundo creado a partir del marco de referencia ITRF, [15]. La última actualización es el marco ITRF08 que proporciona coordenadas y velocidad de los puntos en cuestión, [17], y suministra un conjunto de información auxiliar para los usuarios de los sistemas GNSS, ofreciendo los siguientes productos: observación de cuatrocientas estaciones permanentes, efemérides precisas, modelos ionosféricos, correcciones de los relojes de los satélites y retrasos troposféricos, [5].

World Geodetic System 1984 (WGS84) es el sistema geodésico de referencia original del sistema de navegación por satélite GPS basado en los marcos internacionales de referencia (ITRF) que permite localizar cualquier punto de la Tierra. El sistema de referencia WGS84 lleva asociado el elipsoide de revolución WGS84, y su origen es el centro de masas de la Tierra, [5].

La altura de los puntos, h , determinada mediante técnicas GNSS, está referida al elipsoide WGS84 y se denomina altura elipsoidal. Como sistema de referencia altimétrico se adopta el geoide, al que estarán referidas las alturas ortométricas, H , que son las que quedan por convenio reflejadas en la cartografía. La ondulación del geoide, N , es la diferencia de altura entre el elipsoide y el geoide.



Fig. 2: Esquema de altitudes.

En los sistemas GNSS se pueden considerar cuatro fuentes de incertidumbre: procedentes de los satélites, de la propagación de la señal, del receptor y por estacionamiento de la antena. La incertidumbre procedente de los satélites es debida a la definición de las órbitas y al modelo de corrección del reloj. Respecto a la propagación de la señal, hay que tener en cuenta el retardo ionosférico, el retardo troposférico, el efecto multitrayectoria y las pérdidas de ciclo. La tercera fuente de incertidumbre se debe al reloj y ruido en el receptor y a la variación del centro de fase de la antena. Finalmente, hay que considerar las contribuciones a la incertidumbre debidas al estacionamiento, es decir, centrado y altura de antena.

Durante la observación se recomienda utilizar algunos indicadores de precisión. El más empleado es el DOP (*Dilution Of Precision*). Se trata de un indicador adimensional que es la contribución geométrica a la incertidumbre de un posicionamiento.

Respecto a los métodos de posicionamiento relativo de fase, que son los utilizados en proyectos geomáticos, se pueden distinguir los siguientes: técnicas de posicionamiento estático y técnicas de posicionamiento cinemático. Dentro del grupo de posicionamientos estáticos, se pueden emplear el estático continuo, el estático-rápido y el estático radial (variante del anterior). Los métodos cinemáticos son el *Stop and Go*, cinemático puro, OTF (*On The Fly*) y Tiempo real (RTK), [6].

El método estático-rápido y el RTK son los dos métodos empleados en el TFG debido a que el primero proporciona muy buenos resultados y precisiones con la observación de datos. La ventaja del levantamiento con el método RTK es la rapidez de la captura de datos.

Tabla 1: Precisiones esperadas según las características de los métodos de observación GNSS.

CARACTERÍSTICAS DE LOS METODOS DE TRABAJO CON GNSS				
Método	Número mín. satélites	Tiempo de observación	Precisión típica	Otras característica
Estático Continuo	4	Desde 1 semana a años	2 mm + 1 ppm	Bifrecuencia. Sin límite distancias. Relativo
Estático	4	Varias horas	5 mm + 1 ppm	Bifrecuencia. Sin límite. Relativo
Estático-Rápido	4	5-20 minutos	1 cm + 1 ppm	Límite 20 km. Relativo
Cinemático	4	1 época	2 cm + 2 ppm	Límite 15 Km. Reinicialización si hay pérdida de señal. Relativo
Cinemático en tiempo real (RTK)	4 (OTF 5)	2-3 épocas	2 cm + 2 ppm	Límite en función sistema comunicaciones. Algoritmo 40 km. Reinicialización si hay pérdida de señal. Relativo
Diferencial (DGPS)	2D: 3 3D:4	1 posición/segundo	Post-pro: 30-40 cm, TR: 50-60 cm	Recepción de correcciones diferenciales o postproceso de las mismas. Relativo
Autónomo (SPP)	2D: 3 3D:4	1 posición/segundo	Con SA: 100 m. Sin SA: 4-10 m	Sólo un receptor

4.2.2 Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)

Se denomina Información Geográfica (IG) a todo dato vinculado a una posición sobre el terreno, ya sean mapas, imágenes, fotografías, archivos, descripciones, etc. Cualquier información que esté georreferenciada es susceptible de ser llamada IG, es decir, información unida de alguna forma a una posición geográfica. La Información Geográfica se almacena en bases de datos espaciales.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son programas informáticos que manejan IG almacenada en bases de datos. La ventaja de los SIG es la mejora que suponen respecto a los mapas convencionales pues el contenido, la escala y la simbología no son fijos y se permite una gran variedad de análisis y búsquedas de información.

Los SIG pueden tener sus bases de datos distribuidas en distintos servidores y acceder a ellas mediante redes de comunicación, permitiendo el acceso remoto a dicha información. Sin embargo, para poder emplear los diversos datos que provienen de cada servidor, éstos deben tener ciertas características que permitan la interoperabilidad, por ejemplo que los archivos sean compatibles o que cumplan estándares comunes. Estos acuerdos comunes que permiten la distribución de IG se realizan mediante una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).

Una IDE es una estructura virtual en red que integra datos georreferenciados y sus metadatos, de tal forma que ofrece los servicios interoperables de Información Geográfica distribuidos en diferentes sistemas de información y, además, incluye la búsqueda y acceso a dichos datos y las normas para su producción, gestión y difusión, siendo la base de datos el núcleo principal de la IDE. Mediante las IDE se logran distribuir amplios conjuntos de datos y servicios, [1].

La importancia de la búsqueda de soluciones a problemas como gestión del medioambiente o decisiones ante una situación de emergencia, ha hecho que instituciones internacionales y europeas aprueben resoluciones que destacan la importancia de la IG para la toma de decisiones. El Parlamento y el Consejo europeo tiene como uno de sus objetivos el establecimiento de una Infraestructura de Datos Espaciales Europea, desarrollada por la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, la Agencia Europea Eurostat y el Centro de Investigación común *Joint Research Center* (JRC). Esta IDE es la denominada Directiva Europea *IN*fraestructure *f*or *S*patial *I*nfoRmation in Europe (INSPIRE) que establece:

- Disponibilidad y agilidad inmediata de la IG actualizada.
- El punto anterior sólo es posible si existe la colaboración y acuerdos entre las instituciones que la producen, la gestionan, la utilizan, etc.
- La información está en manos de quien la produce o la distribuye (instituciones, organismos, empresas, universidades) y el acceso más rápido y eficiente es por medio de las redes de Internet.
- Se establecerá un marco institucional, unos estándares, tecnología de soporte competente y el fomento de alianzas y desarrollos.

Por tanto, una IDE está compuesta de datos (geográficos y temáticos), metadatos (descripción unívoca de los datos), estándares, servicios y software. Los estándares hacen posible la interoperabilidad necesaria para que los datos, servicios y recursos de una IDE puedan ser utilizados, combinados y compartidos. Los servicios ofrecen funcionalidades accesibles, mediante la vía Internet, con un navegador, sin necesidad de disponer de otro software específico, por ejemplo, *Web Map Service* (WMS), *Catalog Service Web* (CSW), etc. El software debe cumplir con los estándares de *Open Geospatial Consortium* (OGC) para que puedan integrarse y ser accesibles a través de un geoportal web. Algunos ejemplos son GeoServer, gvSIG o Deegree.

La estructura Cliente/Servidor es un modelo de comunicación e interacción entre dos procesos que se ejecutan de forma simultánea. El cliente es dirigido por el usuario y es la aplicación que inicia la comunicación, siendo el servidor, en continua ejecución, quien responde a la demanda del cliente. La comunicación de clientes y servidores web se realiza mediante protocolo HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*). El funcionamiento básico consiste en que el cliente establece una conexión con el servidor, realiza una petición, el servidor le responde y se cierra la conexión. Se pueden invocar varias operaciones en el servidor, entre las que predominan GET para pedir una página, HEAD para pedir la cabecera de una página y POST para enviar datos, [57].

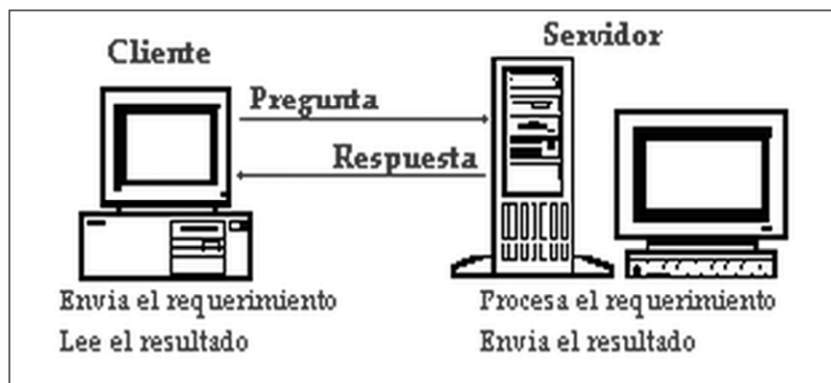


Fig. 3: Estructura del modelo Cliente/Servidor.

Una aplicación web es a la que se puede acceder mediante un navegador y viene proporcionada por un servidor web. Una página web tiene diversas componentes web que, interconectadas, ofrecen el producto final.

El lenguaje HTML es un estándar especificado por el *World Wide Web Consortium* (W3C), [58]. Si se desea que algo sea visible a través de la Web, debe estar escrito en HTML. El HTML (*Hyper Text Markup Language*) y CSS (*Cascading Style Sheets*) conforman la programación de una página web. El lenguaje HTML se encarga de la estructura y del contenido de la página. El CSS se encarga de la representación de la página, es decir, el diseño y la apariencia del contenido, [59].

Un geoportal es la publicación web de una Infraestructura de Datos Espaciales. Esto permite acceder a los datos geográficos y temáticos a través de una dirección web. Un geoportal ofrece servicios de visualización, consulta y análisis de información geográfica. A través de visores geográficos se accede a la cartografía publicada mediante las utilidades y herramientas de visualización y navegación, permitiendo interactuar con mapas y consultar las bases de datos geográficas, buscar elementos de acuerdo a determinados criterios geográficos o temáticos y realizar análisis geográficos.

5. NORMAS Y REFERENCIAS

5.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

- Pliego de prescripciones de cartografía de 2011 por la Dirección General del Catastro. Anexo 5: Norma de cartografía catastral urbana y pliego de prescripciones técnicas para la contratación por la Dirección General del Catastro de los trabajos de cartografía catastral urbana.
- Norma UNE 157001:2014. Criterios generales para la elaboración de proyectos, [36].
- R.D. 1627/97, de 24 de octubre, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud.
- Ley Orgánica 15/1999, del 3 de diciembre, regulación de la Protección de Datos de Carácter Personal.

5.2. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

5.2.1 Libros

- [1] Trabajo Fin de Master de D. Óscar Luis Miguel Castro. “Hacia una Infraestructura de Datos Espaciales Arqueológica. Geoportal de la excavación arqueológica de Geoktchik Depe, Turkmenistán.”
- [2] Manual Básico ArcGIS 10.1.
- [3] Manual de LGO, Leica Geo Office Combinado versión 6.0.
- [4] Rigaux, P., Scholl, M., Voisard, A. “Introduction to Spatial Databases: Applications to GIS” (2001) Serie Morgan Kaufmann.
- [5] Duquenne, F., Botton, S., Peyret, F., Bétaille, D., Willis, P. “GPS: localization et navigation par satellites” 2ª Edición (2005) Hermes Science publications.
- [6] Gleason, S., Gebre-Egziabher, D. “GNSS. Applications and methods” (2009) Ediciones Artech House.
- [7] Fernández Pareja, M. T. Metrological control of Global Navigation Satellite System equipment. American Institute of Physics.

5.2.2 Comunicaciones, Artículos y Ponencias

- [8] Eurasiática, revista online sobre Asia Central. “Hircania y la llanura olvidada. Estudios y excavaciones arqueológicas hispano-turkmenas en Dehistán.” Profesor Dr. Joaquín M^a Córdoba Zoilo. www.eurasiatica.eu
- [9] “Informes y Trabajos. Excavaciones en el exterior, 2011”. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España. Catálogo de publicaciones del Ministerio.
- [10] “Recomendaciones para la elaboración de estudios de seguridad y salud”. Instituto Regional de Seguridad y Salud en el trabajo, Comunidad Autónoma de Madrid. (2014)
- [11] “Informe técnico de protección solar”. Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos.
- [12] “Manual de ergonomía” Proyecto Espadelada, Galicia – España.
- [13] “Contenido general de los estudios de impacto ambiental de acuerdo con la ley 4/2007, de 8 de marzo, de evaluación ambiental en Castilla-La Mancha”. Consejería de Agricultura y Medioambiente de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha.

5.2.3 Enlaces Web

- [14] <http://gps.geo.upm.es/> Último acceso 4 de julio de 2014.
- [15] <http://igs.org/network/netindex.html> y <http://igs.org/network/complete.html> Último acceso 4 de julio de 2014.
- [16] <ftp://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/> Último acceso 4 de julio de 2014.
- [17] http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2008/doc/ITRF2008_GNSS.SSC.txt Último acceso 4 de julio de 2014.
- [18] <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/> Último acceso 4 de julio de 2014.
- [19] <ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/2014/> Último acceso 4 de julio de 2014.
- [20] <http://igs.bkg.bund.de/file/rinexsearch> Último acceso 8 de julio de 2014.
- [21] <http://cafegeodesico.blogspot.com.es/2013/07/el-posicionamiento-puntual-preciso-ppp.html> Último acceso 8 de julio de 2014.
- [22] <http://resources.ashtech.com/GEOIDS/> Último acceso 10 de julio de 2014.
- [23] ftp://ftp.itacyl.es/%2f/Red_GNSS/Informacion/ Último acceso 10 de julio de 2014.

- [24] <http://www.ign.gob.gt/uploads/2/0/8/7/20878356/instructivoconvertirformatorinex2.11a2.0.pdf> Último acceso 10 de julio de 2014.
- [25] <ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/2014/> Último acceso 15 de julio de 2014.
- [26] http://gnss.be/ionosphere_tutorial.php Último acceso 15 de julio de 2014.
- [27] <http://www.ngs.noaa.gov/OPUS/> Último acceso 15 de julio de 2014.
- [28] <http://www.trimblertx.com/> Último acceso 15 de julio de 2014.
- [29] <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/geodetic-reference-systems/tools-applications/10925#ppp> Último acceso 15 de julio de 2014.
- [30] <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm> Último acceso 15 de julio de 2014.
- [31] <http://magicgnss.gmv.com/ppp/> Último acceso 15 de julio de 2014.
- [32] <http://www.bernese.unibe.ch/docs50/DOCU50.pdf> Último acceso 10 de septiembre de 2014.
- [33] <http://es.slideshare.net/nataliagarrido2012/compensacin-red-bernese> Último acceso 17 de septiembre de 2014.
- [34] http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/egm08_wgs84.html Último acceso 10 de septiembre de 2014.
- [35] <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/> Último acceso 3 de octubre de 2014.
- [36] <http://ingenieriaelectricagaby.blogspot.com.es/2014/07/modificacion-de-la-une-1570012002.html> Último acceso 7 de octubre de 2014.
- [37] <http://www.fao.org/docrep/003/t0390s/T0390S04.HTM> Último acceso 19 de diciembre de 2014.
- [38] <http://es.slideshare.net/arqmariaparra/dibujo-topografico-y-las-curvas-de-nivel> Último acceso 3 de febrero de 2015.
- [39] <http://suite.opengeo.org/opengeo-docs/cartography/rt/barnes.html> Último acceso 15 de diciembre de 2014.
- [40] <http://michogarcia.wordpress.com/2012/01/18/webinar-sobre-opengeosuite-para-geosur/> Último acceso 15 de diciembre de 2014.
- [41] <http://geoportal.sourceforge.net/> Último acceso 19 de enero de 2015.
- [42] <http://www.esri.com/news/arcuser/0611/how-to-set-up-an-esri-geoportal-server.html> Último acceso 19 de enero de 2015.

- [43] [http://resources.arcgis.com/en/help/install-guides/arcgis-server/10.2/index.html#/Welcome to the ArcGIS for Server install guide/01nm00000002000000/](http://resources.arcgis.com/en/help/install-guides/arcgis-server/10.2/index.html#/Welcome%20to%20the%20ArcGIS%20for%20Server%20install%20guide/01nm00000002000000/) Último acceso 19 de enero de 2015.
- [44] <http://tomcat.apache.org/download-60.cgi> Último acceso 21 de enero de 2015.
- [45] <http://www.filehorse.com/es/descargar-postgresql-32/10950/descargar/> Último acceso 21 de enero de 2015.
- [46] <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/java-se-6u24-download-338091.html> Último acceso 21 de enero de 2015.
- [47] <https://github.com/Esri/geoportal-server/wiki/Installation-Version-1.2.5#Windows> Último acceso 9 de febrero de 2015.
- [48] <https://github.com/Esri/geoportal-server/wiki/All-gpt.xml-file-settings>
<http://www.esri.com/news/arcuser/0611/how-to-set-up-an-esri-geoportal-server.html> Último acceso 9 de febrero de 2015.
- [49] <http://mappinggis.com/2013/04/como-crear-un-mapa-con-openlayers-3/> Último acceso 17 de marzo de 2015.
- [50] <http://boundlessgeo.com/solutions/opengeo-suite/> Último acceso 10 de abril de 2015.
- [51] <https://opengeo.zendesk.com/hc/en-ca/articles/201769749-OpenGeo-Suite-3-1-released> Último acceso 10 de abril de 2015.
- [52] <http://suite.opengeo.org/4.1/installation/windows/install.html> Último acceso 10 de abril de 2015.
- [53] <http://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html> Último acceso 15 de abril de 2015.
- [54] <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/> Último acceso 17 de abril de 2015.
- [55] http://www.nfms4redd.org/doc/workshop_es/geoserver_vector.html Último acceso 20 de abril de 2015.
- [56] <http://docs.geoserver.org/stable/en/user/styling/index.html> Último acceso 20 de abril de 2015.
- [57] <http://www.elclubdelprogramador.com/2012/02/16/jetty-jetty-un-servidor-ligero-y-embellido-en-tus-aplicaciones/> Último acceso 30 de abril de 2015.
- [58] <http://www.w3.org/> Último acceso 9 de mayo de 2015.
- [59] <http://www.w3schools.com/> Último acceso 9 de mayo de 2015.

[60] http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql Último acceso 9 de mayo de 2015.

[61] <http://www.grupoacre.com/topografia-alquiler-venta-servicio-tecnico/productos/alquiler-topografia> Último acceso 20 de mayo de 2015.

5.3. APLICACIONES INFORMÁTICAS EMPLEADAS

Los recursos utilizados son los siguientes:

- Carta Digital 5.7.
- ArcGIS 10.0 for Desktop y ArcGIS 10.1 for Desktop, en particular, las extensiones ArcMap, ArcScene y ArcGIS for Server.
- Esri Geoportal Server 1.1.
- PostgreSQL 8.4.7.
- Apache TomCat 6.0.43.
- Java Development Kit with Runtime Environment versión SE 6 Update 24 JDK.
- Complemento para conectar TomCat y Apache llamado Postgresql-8.4.701-jdbc4.jar.
- MDTop versión X.
- Microsoft Office 2010.
- Interp_2p5min.f: programa de interpolación en lenguaje FORTRAN para máquinas de tipo Little Endian.
- Geoids. Programa de visualización del geoide global EGM08.
- PAG versión 1.2: Programa de Aplicaciones Geodésicas del Instituto Geográfico Nacional.
- BERNESE 5.0.
- LGO, Leica Geo Office Combinado versión 6.0.
- OpenGeo Suite 3.1 con las correspondientes aplicaciones de PostGIS, GeoServer y GeoExplorer integradas en él.
- QuantumGIS (QGIS) Wien versión 2.8.1.
- Atlas Styler 1.9.

6. DEFINICIONES, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

6.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS

A continuación se expone una relación de términos generales que se pueden encontrar a lo largo del presente documento:

- Base de datos: conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados para su posterior uso.

- BERNESSE: software científico de alta precisión para procesado de datos GNSS desarrollado por el *Astronomical Institute of the University of Bern* (AIUB), Suiza.
- DOP: indicador de precisión del GPS. Contribución a la incertidumbre de posicionamiento.
- EGM08: modelo del geoide desarrollado por la Agencia Nacional Geoespacial y de Inteligencia de EE.UU.
- GDOP: parámetro que muestra la precisión de las observaciones en función de la geometría de los satélites.
- Geoportal: portal web que permite encontrar y acceder a datos geográficos y que permite su visualización, edición, análisis, etc., integrando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE).
- GLONASS: sistema global de navegación por satélite desarrollado por las Fuerzas Espaciales del gobierno de la Federación de Rusia; desde 2001 es administrada por la Agencia Espacial Roscosmos.
- GSD: tamaño del pixel en el terreno.
- IDE: Infraestructura de Datos Espaciales. Estructura virtual en red que integra datos georreferenciados y sus metadatos, e incluye la búsqueda y acceso a dichos datos y las normas para su producción, gestión y difusión.
- Interoperabilidad: capacidad para comunicar, ejecutar programas o transferir datos entre varias unidades funcionales sin necesitar que el usuario tenga conocimiento de las características de esas unidades.
- RINEX: formato de intercambio independiente del receptor. Se utiliza para guardar las informaciones recibidas de los satélites, a fin de ser tratadas para mejorar la precisión de los levantamientos efectuados de manera estática.
- RTK: método de observación por técnicas GNSS de posicionamiento cinemático en tiempo real.
- SIG: base de datos con información geográfica que se encuentra asociada, por un identificador común, a los objetos gráficos de un mapa digital.
- SGBD: colección de datos interrelacionados y conjunto de programas para acceder a los mismos, complementando al SIG.
- TIN: superficie de representación de datos altimétricos continuos.
- UTM: proyección cartográfica Transversa de Mercator, conforme y tangente a un meridiano.
- WGS84: elipsoide de referencia.

6.2. ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

En este apartado se incluye una relación de abreviaturas y acrónimos:

AS	Anti-Spoofing
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BBDD	Base de Datos

BSD	Berkeley Software Distribution
CF	Compact Flash
CSS	Cascading Style Sheets
CSW	Catalog Service Web
DOP	Dilution Of Precision
EGM08	Earth Gravitational Model 2008
ETSI	Escuela Técnica Superior de Ingenieros
FPS	Factor de Protección Solar
GDOP	Geometric Disolution of Precision
GIS	Geographic Information System
GLONASS	GLObalnaïa NAVigatsionaïa Spoutnikovaïa Sistema
GNSS	Global Navigation Satellite System
GNU	General Public License
GPS	Global Positioning System
GSD	Ground Sample Distance
HTML	Hyper Text Markup Language
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IDE	Infraestructura de datos espaciales
IG	Información Geográfica
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IGS	International GNSS Service for Geodynamic
INSPIRE	INfraestructure for SPatial InfoRmation in Europe
ISO	Organización Internacional de Normalización
ITRF	Marco de Referencia Internacional Terrestre
LGO	Leica Geo Office
MDT	Modelo Digital del Terreno
MEO	Medium Earth Orbit
NAVSTAR	Navigation Satellite Timing and Ranging
NGA	National Geospatial-intelligence Agency
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OGC	Open Geospatial Consortium
OPUS	Online Positioning User Service
OTF	On The Fly
PPP	Precise Point Positioning
PPS	Precise Positioning Service
QZSS	Quazi-Zenith Satellite System
RINEX	Receiver INdependent EXchange
RTK	Real Time Kinematic
SA	Disponibilidad Selectiva
SGBD	Sistema Gestor de Base de Datos
SIG	Sistema de Información Geográfica
SLD	Styled Layer Descriptor

TFG	Trabajo Fin de Grado
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TIN	Triangulated Irregular Network
UNE	Una Norma Española
UTM	Universal Transversa Mercator
W3C	World Wide Web Consortium
WGS84	World Geodetic System 1984
WMS	Web Map Service
XML	eXtensible Markup Language

7. FASE EXPERIMENTAL

En el TFG que se presenta se han definido unos objetivos generales que establecen los criterios esenciales en los que está basado el desarrollo del trabajo. Con la finalidad de concretar y marcar unas líneas de actuación, se han fijado unos objetivos específicos que, en gran parte, guiarán el desarrollo de la fase experimental del TFG.

7.1. EQUIPOS GEOMÁTICOS

En el proceso de planificación de un proyecto geomático es preciso definir el instrumental que se va a utilizar, así como la metodología de observación que se va a aplicar para satisfacer las exigencias recogidas en el pliego de prescripciones técnicas. En la elección del instrumental y la metodología se tienen en cuenta diversos factores como pueden ser la disponibilidad de equipos y personal, la morfología del terreno, superficie que abarca el proyecto, documentación existente, condiciones meteorológicas, características específicas de la zona de actuación, etc.

Teniendo en cuenta lo especificado en el párrafo anterior, se opta por realizar la captura de datos en campo mediante técnicas GNSS.

7.1.1 Elección y configuración de los equipos

Debido a las características de la zona en la que está situado el yacimiento, limitaciones de medios materiales en la zona de actuación, se decide utilizar tres equipos GNSS modelo Leica 1200+ y sus componentes auxiliares.

La configuración de los equipos es crítica. Debe realizarse teniendo claramente definido el método o métodos de observación, así como todas las operaciones necesarias hasta la descarga de las observaciones y su procesado.

Los métodos empleados que se aplican son el método estático-rápido y el método RTK, *Real Time Kinematic*. Por lo tanto, los equipos se configuran de tal forma que cumplan los requisitos impuestos por dichos métodos de trabajo.

Los parámetros de configuración comunes a ambos métodos son:

- DOP o parámetro de control de calidad.
- Las épocas de los datos se establecen en 15 segundos.
- La máscara de elevación se establece en 10°.
- Unidades en metros.
- Sistema de coordenadas WGS84.

Específicamente para el **método estático-rápido**:

Puesto que, al menos dos de los tres equipos deben observar simultáneamente, se establece una configuración adecuada para que los instrumentos realicen la observación como “fijo”. Para ello, el almacenamiento de la observación estará en la opción “solo estático”.

Para el **método RTK**:

El método RTK permite fijar las coordenadas del punto de levantamiento en el momento de la captura de datos sin necesidad de realizar post-proceso alguno.

Para llevar a cabo la observación mediante RTK, uno de los receptores debe ser configurado como “fijo”, de manera que se establece como referencia para el resto, configurados como “móvil”, y sobre los que éstos fijarán su posición.

El proceso de configuración para cada uno de los métodos descritos ha sido detallado en el *Anexo III: Producción cartográfica*.

7.2. CAPTURA DE DATOS

La realización del proyecto descrito en este TFG comprende, en su parte de captura de datos, dos fases claramente diferenciadas. Por un lado, será necesario establecer una red local fundamental, que sirva de referencia y base para cualquier trabajo posterior, permitiendo el enlace con un sistema global de referencia. Por otro lado, el proceso de toma masiva de datos que, basándose en la red mencionada, permitirá la realización de los estudios y levantamientos topográficos que serán de aplicación posterior en la parte de geoportal de este TFG.

7.2.1 Diseño y observación de la red fundamental

El yacimiento de Geoktchik Depe, como se expuso en los antecedentes de este TFG, es parte de las excavaciones que la misión turkmeno-española realiza en la región de Dehistán. Como no es el único yacimiento que se estudiará, se hace necesario definir un método de identificación de la red fundamental que permita, por un lado, evitar confusiones con otros vértices considerados en esta u otras campañas, y por otro permitir una identificación clara y precisa del yacimiento de que se trate.

La planificación de la red fundamental consta de cinco vértices. Se entiende por red básica o fundamental la red que forman los cinco vértices observados en el área de trabajo. Han sido numerados como 11, 12, 13, 14 y 15, de forma que el primer dígito indica que el yacimiento es Geoktchik Depe, y el segundo indica el número de vértice de la red.

Los cinco puntos de los que consta la red se sitúan de tal forma que envuelve aproximadamente el área de trabajo, es decir, el levantamiento abarcará el límite impuesto por dichos vértices, con el objeto de permitir posibles posteriores trabajos topográficos, por topografía clásica, llevados a cabo por arqueólogos, algo que es frecuente en este tipo de yacimientos, para localizar con precisión determinados elementos.

Los puntos de la red fundamental se materializan con señales permanentes, mediante varilla de hierro corrugada e hito tipo *Feno*. El vértice 11 será la referencia para el levantamiento posterior en RTK y servirá para enlazar estos levantamientos con posibles trabajos futuros.

Se muestra, a continuación, la disposición de la red sobre una imagen satélite del área geográfica de Geoktchik Depe:

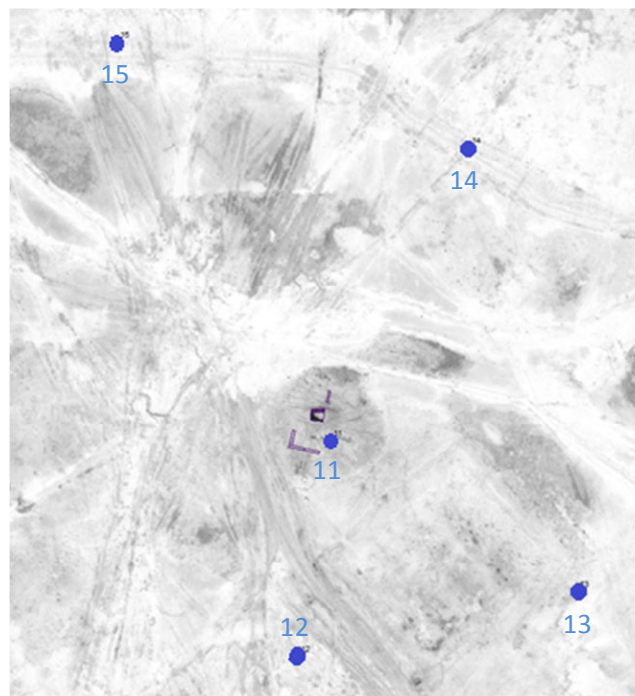


Fig. 4: Distribución de los cinco vértices de la red

La observación de la red se realiza el día 15 de mayo de 2014 aplicando el método estático-rápido. Se establecen observaciones simultáneas desde tres receptores GNSS ubicados en tres de los vértices. El solapamiento mínimo de observaciones es de treinta minutos.

Pasado este tiempo, uno de los receptores se desplaza al siguiente vértice y se observa junto con los otros dos. Se repite la operación hasta que se dispone de observaciones de cada uno de los vértices solapados con observaciones a otros dos puntos.

La desviación típica teórica para medidas de fase mediante el método estático-rápido es de $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$.

7.2.2 Observaciones experimentales

El levantamiento topográfico se lleva a cabo mediante el método RTK, que permite la captura de la posición de un punto en tiempo real con una observación inferior a diez segundos.

La desviación típica teórica en posición para medidas de fase con el método RTK es de $20 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$.

Como ya se ha indicado, el vértice 11 se establece como punto de referencia. En él se sitúa uno de los equipos Leica 1200+ configurado como “Referencia”. Los otros dos equipos se configuran como “Móvil”.

La superficie de trabajo abarca aproximadamente un kilómetro cuadrado e incluye un canal, un tell (denominada Depe) y de un recinto amurallado. Los levantamientos realizados se establecen por secciones según las entidades geográficas anteriormente consideradas. Dadas las características topográficas y geomorfológicas de la zona considerada, se procura recoger líneas de puntos paralelas, de forma que se pueda disponer de una malla relativamente regular de datos.

La siguiente imagen muestra los puntos recogidos en campo durante la duración de la campaña:



Fig. 5: Puntos del levantamiento por colores según día de toma de datos.

La información se almacena en las tres tarjetas *Compact Flash* (CF) de los tres equipos. La descarga de datos se hace diariamente a través de un lector de tarjetas volcando la información en un ordenador portátil.

El control y archivo diario de las observaciones se realiza informáticamente, mediante una adecuada estructura de carpetas, que incluye tanto las observaciones realizadas (originales y procesadas en el software propio de Leica para comprobar una adecuada distribución y calidad) como un "cuaderno de campo" que incluye todas las vicisitudes ocurridas durante la observación, hora y día de la recogida de datos, el nombre de los ficheros, identificación del instrumento que observa como referencia y su altura, el número de puntos tomados por cada receptor y una descripción de la situación de ellos. Con ello se pretende disponer de la información necesaria para "reconstruir" lo más fielmente posible la observación, de forma que se disponga de una secuencia y condiciones claras de cómo se produjo y estar en disposición de solucionar las posibles dudas que surgieran en el post-procesado definitivo de los datos.

7.3. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

El trabajo en post-proceso se puede dividir en diversas etapas que se especifican a continuación.

7.3.1 Diseño del procesado y tratamiento de los datos

En esta primera fase se realiza la recopilación de los datos necesarios para la adecuada ejecución de todos los procesos técnicos en post-proceso, empezando por la descarga de las observaciones de estaciones fijas, que permitirán el enlace del trabajo al sistema de referencia considerado en este TFG, ITRS08.

Asociados a estos datos, se descargará la información de las antenas de las estaciones GNSS fijas, con las calibraciones de las antenas utilizadas, la información de ionosfera y troposfera y las efemérides precisas.

También se extraerá el modelo de geoide para Turkmenistán de tal forma que se puedan obtener alturas ortométricas y se explorarán varias opciones para la obtención de las coordenadas de las estaciones de la red como, por ejemplo, la obtención de coordenadas de la estación de referencia (11) por el método PPP (*Precise Point Positioning* - Posicionamiento de Punto Preciso) o la obtención de coordenadas mediante calculadores online.

7.3.2 Red fundamental. Red International GNSS Service for Geodynamic (IGS)

- El cálculo de la red fundamental se realiza con el software **LEICA Geo Office Combinado, LGO**. Para ello:

Se crea un proyecto con el sistema de coordenadas ITRS08, materializado el marco ITRF08 sobre el elipsoide WGS84.

Una vez incluidos los datos recogidos en campo, se comprobarán las antenas, las alturas de antenas y las horas de observación, datos todos ellos contenidos en el "cuaderno de campo".

Primeramente, se procesa, se calcula y se ajusta la red fundamental. Una vez calculados los cinco puntos que la componen, se procede al enlace de la red fundamental local con la red oficial. Este paso proporciona coordenadas en un sistema global, en este caso ITRS08 puesto que las antenas fijas del IGS (*International GNSS Service for Geodynamic*) están en dicho sistema, referidas al marco ITRF08.

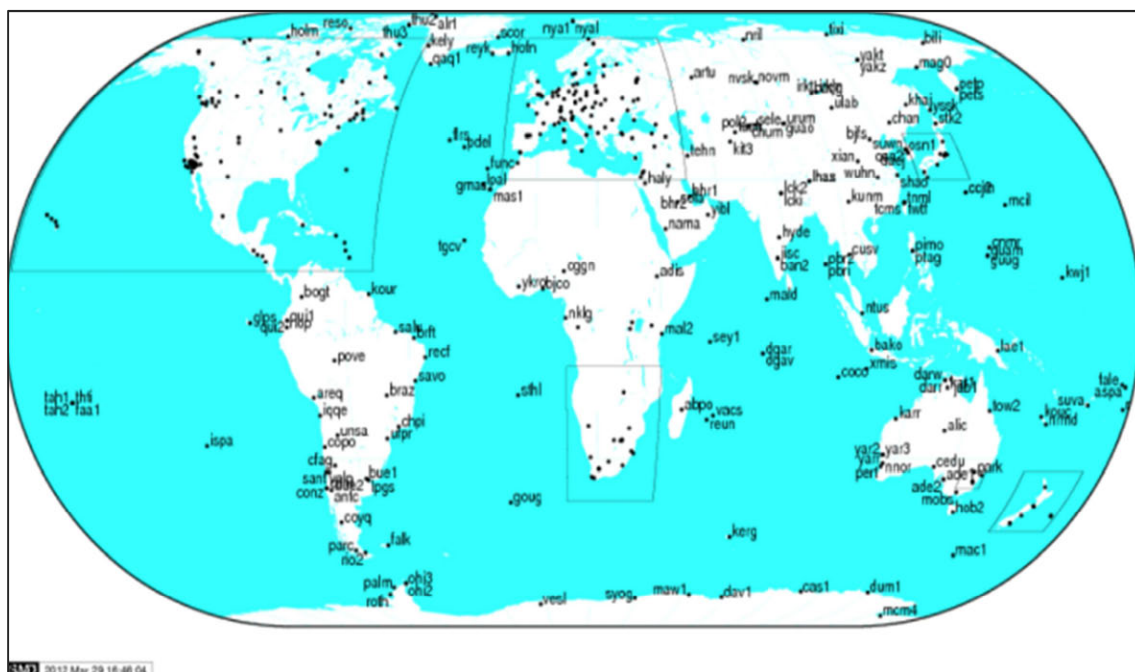


Fig. 6: La red mundial de estaciones permanentes IGS.

Las estaciones fijas del IGS elegidas son dos antenas de Uzbekistán (KIT3 y TAHS), una antena de China (URUM), una de Turquía (ISTA), una de Rusia (ZECK) y una de Ucrania (KHAR). Se han elegido buscando una buena distribución según las estaciones existentes y buscando las distancias más cortas desde ellas hasta los vértices de la red fundamental.

La primera operación para trabajar con Bernese es la organización y estructura de los ficheros de acuerdo a las exigencias del programa, así como la determinación de los parámetros requeridos para la óptima ejecución de los procesos. Ver *Anexo II: Preparación de la documentación de la fase experimental*.

Una vez preparada la estructura de datos y los ficheros de trabajo se comienza el cálculo.

En primer lugar, se procesa hasta obtener unas coordenadas aproximadas. Con ello se consiguen unas coordenadas aproximadas en el entorno de los cinco centímetros. Durante este paso se detecta que las observaciones GNSS de dos de los instrumentos no tienen datos GLONASS, por lo tanto, dicha información debe ser eliminada para el cálculo. Además, el tipo de antena de una de las estaciones IGS no tiene calibración vinculada, por lo que no se puede añadir al post-proceso.

Una vez corregidas, detectados y corregidos estos errores, se efectúa el cálculo por sesiones. Una sesión de trabajo, en este caso, equivale a un día de observación.

El segundo paso es obtener la solución de red para cada sesión. El criterio del software para crear líneas base es la forma de estrella, es decir, de forma radial desde el punto 11 a cada una de las estaciones fijas.

Por último, se unifican las sesiones ajustando por mínimos cuadrados las observaciones a la sesión central, es decir, al día GPS de día de observación que quede en la posición central.

La repetibilidad que se obtiene de 32,1 mm en la coordenada norte, 20,5 mm la coordenada este y en la altitud es de 4,8 mm.

La variación de coordenadas entre sesiones se puede considerar mínima teniendo en cuenta el corto periodo de tiempo en que se realizaron las observaciones (siete días). La diferencia entre el valor mayor y el menor de los obtenidos para las coordenadas del punto 11 está en torno a los seis o siete centímetros en planimetría y en torno a un centímetro en la altura elipsoidal. En la tabla siguiente se muestra la relación de coordenadas expresadas en metros del punto 11 en las sesiones:

Tabla 2: Coordenadas obtenidas de las sesiones de Bernese.

Punto	X_UTM	Y_UTM	h
11	276835,129	4236399,501	-5,473
11	276835,114	4236399,463	-5,471
11	276835,121	4236399,464	-5,478
11	276835,092	4236399,523	-5,480
11	276835,100	4236399,528	-5,482
11	276835,116	4236399,537	-5,476
11	276835,152	4236399,469	-5,470
Máx.	276835,152	4236399,537	-5,470
Mín.	276835,092	4236399,463	-5,482
Diferencia	0,061	0,074	0,012

Esta pequeña variabilidad puede deberse a que la actividad ionosférica en Turkmenistán es muy baja, como puede comprobarse en la siguiente gráfica:

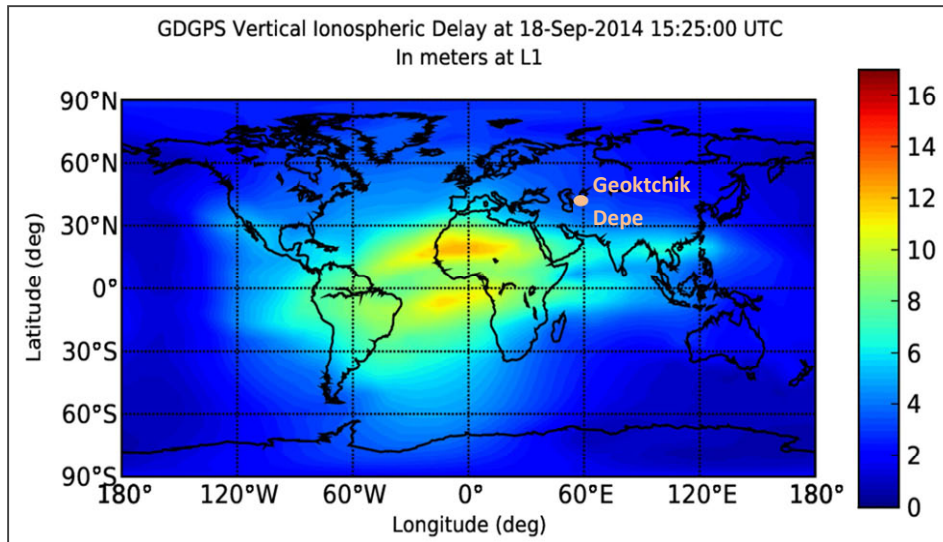


Fig. 8: Mapa de actividad ionosférica. TEC 2014.

- Calculadores on-line **OPUS** y **RTX-PP**:

Aprovechando los nuevos medios que ofrece internet, se realiza el cálculo de coordenadas de la estación de referencia (11) mediante dos calculadores disponibles en la web. El análisis de los resultados obtenidos con programas científicos y con dichas herramientas online permite establecer los beneficios e inconvenientes de los calculadores online que son expuestos a continuación.

El servicio web de OPUS (*Online Positioning User Service*) pertenece a la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration* de los Estados Unidos) y es de carácter público. El servicio RTX-PP es un servicio de la compañía Trimble, siendo necesario el registro para acceder. Se trata de dos plataformas de tratamiento de datos GNSS on-line. [27], [28].

Se envían, vía internet, el archivo RINEX de una o varias observaciones. La plataforma devuelve, por correo electrónico, un informe de ajuste y obtención de coordenadas.

- Método **PPP**:

Al tratarse de un método muy novedoso hay pocos organismos aún que se encarguen de investigarlo aunque entre ellos destaca el gobierno de Canadá, [29].

El método PPP, *Precise Point Positioning*, permite el cálculo de las coordenadas de un punto con datos de un sólo receptor obteniendo una solución de calidad. Se consideran los satélites como puntos fijos y se apoya en la red de estaciones GNSS permanentes.

La exactitud de este método se consigue mediante continuas y reiteradas correcciones. Una de las ventajas es que desaparecen las limitaciones debidas a la longitud de la línea base. La desventaja es que requiere tiempos de observación suficientemente largos para obtener una solución.

En este caso, el vértice 11 además de observarse mediante el método estático-rápido para la red, fue observado como punto de referencia para el método RTK, teniendo todas las sesiones observaciones de varias horas en este punto, solucionando el principal inconveniente del citado método.

Las coordenadas obtenidas están en el marco de referencia de las órbitas de los satélites. Por lo tanto, ya que las estaciones IGS llevan asociadas el ITRF08, el cálculo del vértice 11 estará en ese mismo sistema.

El método PPP consigue la situación de un punto mediante la medición de fase proveniente de un receptor y considerando como “fijos” los satélites. Utilizando un modelo de errores para los relojes de los satélites y las órbitas precisas se obtiene una solución con una exactitud teórica entre el decímetro y el centímetro, [21].

El método se basa en el segmento de control compuesto por las redes de estaciones GNSS situadas en todo el mundo y los centros de análisis. Con ello, se lleva a cabo la continua corrección de errores consiguiendo así la exactitud requerida en un método preciso, [21].

Se envía en formato RINEX (*Receiver Independent Exchange*) los archivos de observación de la estación 11 a tres organismos: IBGE de Brasil (*Instituto Brasileiro de Cartografia y Estadística*), NRCan de Canadá (*Natural Resources Canada*) y Magic-GNSS. Estos tres organismos proporcionan unas coordenadas de la estación 11 tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3: Comparativa de coordenadas.

Coordenadas ITRF08							
Organismo	Latitud			Longitud			Altitud
	º	'	"	º	'	"	
IBGE	38	14	52,5416	54	26	59,1716	-5,480
NRCan	38	14	52,5417	54	26	59,1711	-5,368
Magic-GNSS	38	14	52,5355	54	26	59,1427	-5,391

7.3.3 Modelo del geoide

El modelo de geoide elegido es *Earth Gravitational Model 2008*, EGM08. Se trata de un modelo global relacionado sobre el elipsoide WGS84.

Mediante el programa “interp_2p5min.exe” se obtiene una particularización del modelo EGM08 realizando una interpolación para una zona determinada. Se requiere elaborar un archivo donde se indican las coordenadas geográficas de los puntos de los que se quiere obtener el modelo. El programa devuelve un archivo con los valores de la ondulación del geoide vinculada a las

coordenadas geográficas indicadas. A partir de ahí, con una sencilla fórmula matemática, se consigue las alturas ortométricas.

7.4. CARTOGRAFÍA

Esta fase comienza con la integración y edición de los datos, que incluye la transformación de ficheros necesaria para la adaptación al software de trabajo. Ver *Anexo II: Preparación de la documentación de la fase experimental*.

7.4.1 Preparación de las capas

La preparación de las capas, la georreferenciación de la imagen satélite que se ha utilizado en este TFG, las operaciones sobre las observaciones realizadas durante la fase de trabajo de campo y los procesos en cada uno de estos apartados, están desarrollados en el *Anexo III: Producción cartográfica*.

Se comienza creando un proyecto nuevo en ArcMap 10.1 y estableciendo el sistema de coordenadas del área de trabajo. En este caso, proyección UTM en el huso 40 hemisferio norte con elipsoide WGS84.

A continuación, se añade la imagen satélite cuyo GSD es de 0,75 m. Se georreferencia esta imagen para que los datos de campo se correspondan y se sitúen en el mismo sistema de referencia. Para ello, se utilizan puntos tomados en el terreno sobre la estructura de adobe que hay en el tell (o depe) como puntos comunes e identificables en la imagen para realizar la georreferenciación.

Después, se añaden las observaciones de campo como archivos “*.txt”. Estos ficheros, tantos como días de trabajo, tienen la información del número de punto y sus coordenadas este, norte y altura ortométrica. Los datos se muestran como información geográfica transformándolos a capas de tipo *shapefile*. Ver *Anexo II: Preparación de la documentación de la fase experimental*.

7.4.2 Creación de las curvas de nivel

Una vez preparadas las capas *shapefile* se procede a la creación de un modelo digital del terreno que proporcione datos continuos. Este Modelo Digital del Terreno (MDT) realiza a partir de una red de triángulos irregulares (TIN, *Triangulated Irregular Network*). Los archivos TIN representan superficies 3D, [2].

A partir de este TIN y siguiendo el proceso detallado en el *Anexo III: Producción cartográfica*, se genera un curvado con equidistancia de cincuenta centímetros y otro con equidistancia de veinticinco centímetros, para cada una de las escalas en que se producirá la cartografía. El manual ArcGIS 10.1 puede ser consultado en cualquier momento del proceso, [43].

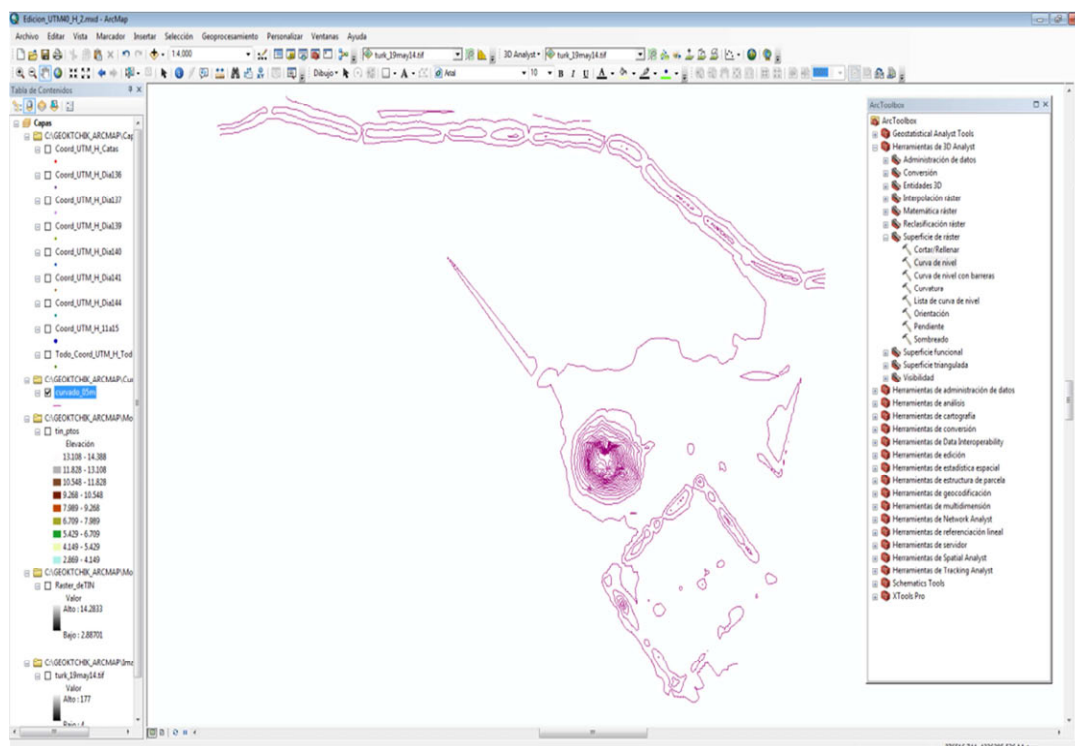


Fig. 9: Curvado de 50 cm obtenido a partir del ráster creado tras el TIN.

7.4.3 Edición de las curvas de nivel

La primera operación que se realiza al curvado generado es el suavizado de líneas. Esto se debe a que normalmente las curvas de nivel son líneas de evolución suave y sinuosa, sin giros bruscos ni terminaciones angulosas, [37]. La generación de curvas a partir de un modelo triangular no produce dicha morfología.

La edición manual del curvado es imprescindible, sobre todo en el caso de existir entidades geográficas realizadas por el hombre. Así mismo, se hace necesaria la generación de puntos de cota. Esta operación es especialmente importante en las zonas llanas debido a la ausencia de curvas de nivel.

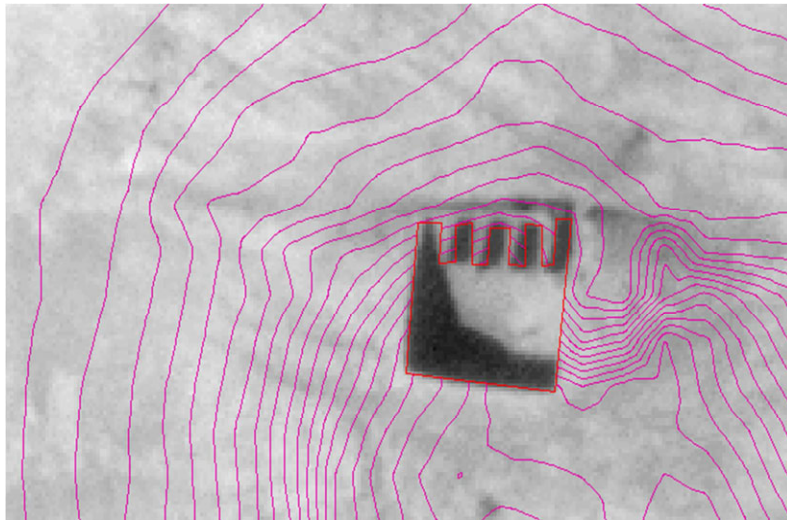


Fig. 10: Corte del curvado debido a la estructura superior del tell.

7.4.4 Preparación de la cartela

La cartela contiene aquella información general y técnica que lleva asociada una cartografía.

En este caso, se realizan tres series de cartografía: 1/250, 1/500 y 1/1000. La escala grande llevará asociado el curvado de veinticinco centímetros y las otras dos series estarán asociadas con el curvado de cincuenta centímetros.

Las características de las cartelas y su contenido se detallan en el *Anexo III: Producción cartográfica*.

7.4.5 Presentación de la cartografía

Una vez diseñado el tamaño de la hoja, se define la posición de la cartela. Los mapas de la serie a escala 1/1000 tienen situada su cartela en la parte inferior izquierda. Las series a escala 1/500 y 1/250 tienen la cartela situada fuera de la mancha de mapa, a la derecha. Después, se añade una cuadrícula.

Por último, se realizan pruebas de impresión y se modifica lo que se considera necesario, según establece el control de calidad. Ver *Anexo III: Producción cartográfica*.

7.5. GEOPORTAL

En el *Anexo IV: Diseño del geoportal* se describen las características de la solución adoptada y todos aquellos aspectos técnicos necesarios para el correcto funcionamiento del geoportal.

A continuación se exponen los aspectos más relevantes relativos a la construcción del geoportal, que constituye la segunda parte de este TFG.

7.5.1 Elección del software

Como primera opción que satisficiera todos los requerimientos del geoportal que se pretendía incorporar a este TFG, se barajó Esri Geoportal Server, [41]. Una vez estudiado el software y los requisitos adicionales que exigía (licencias, programas adicionales, dificultad para operar y personalizar, etc.) se optó por una solución de software libre, OpenGeo Suite en su versión 3.1.

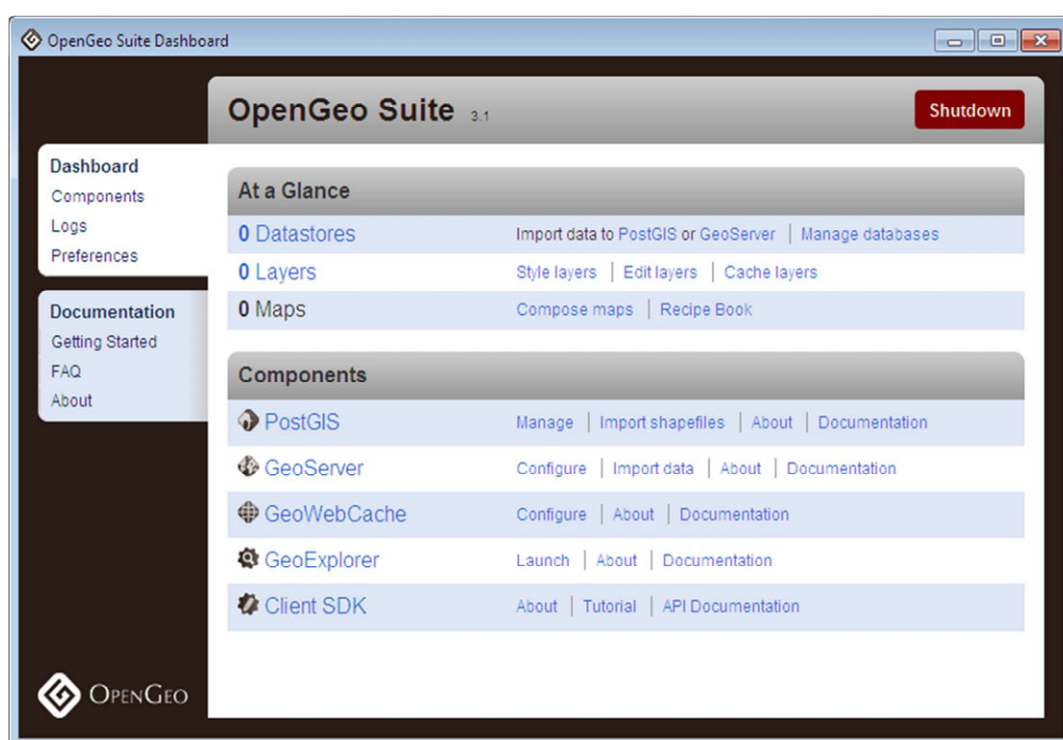


Fig. 11: Pantalla de inicio de OpenGeo Suite 3.1.

7.5.2 Base de datos

El sistema gestor de base de datos (SGBD) objeto-relacional es PostgreSQL, distribuido bajo licencia BSD (*Berkeley Software Distribution*), de código fuente abierto y que utiliza un modelo cliente/servidor, [60].

PostGIS es un módulo que incluye datos espaciales al SGBD de PostgreSQL. Es software libre bajo licencia GNU GPL (*General Public License*), [49].

La administración de la base de datos se realiza mediante el programa pgAdmin III, que es instalado con el OpenGeo Suite. También es de fuente abierta y puede utilizarse en varios sistemas operativos.

7.5.3 Simbología

Para crear la simbología que se aplica en las capas de datos se utiliza el programa Atlas Styler 1.9. Con él se puede conectar a la base de datos mediante contraseña e importar las capas. Mediante un interfaz se elige el estilo: color, grosor, visualización según escala, etc.

7.5.4 Publicación y visualización de capas

El proceso de publicación de capas en el geoportal ya definido está reflejado en el *Anexo IV: Diseño del geoportal*.

Con el OpenGeo Suite se instalan GeoServer (creador de capas), PostgreSQL (base de datos) y GeoExplorer (visor). Este último servicio es el utilizado para implementar, componer y publicar mapas de forma rápida y sencilla. Las capas publicadas con GeoServer se añaden en GeoExplorer y se crea el mapa que se desea visualizar.

El resultado es una dirección web enlazada al servidor local que muestra las capas que se han seleccionado así como sus atributos.

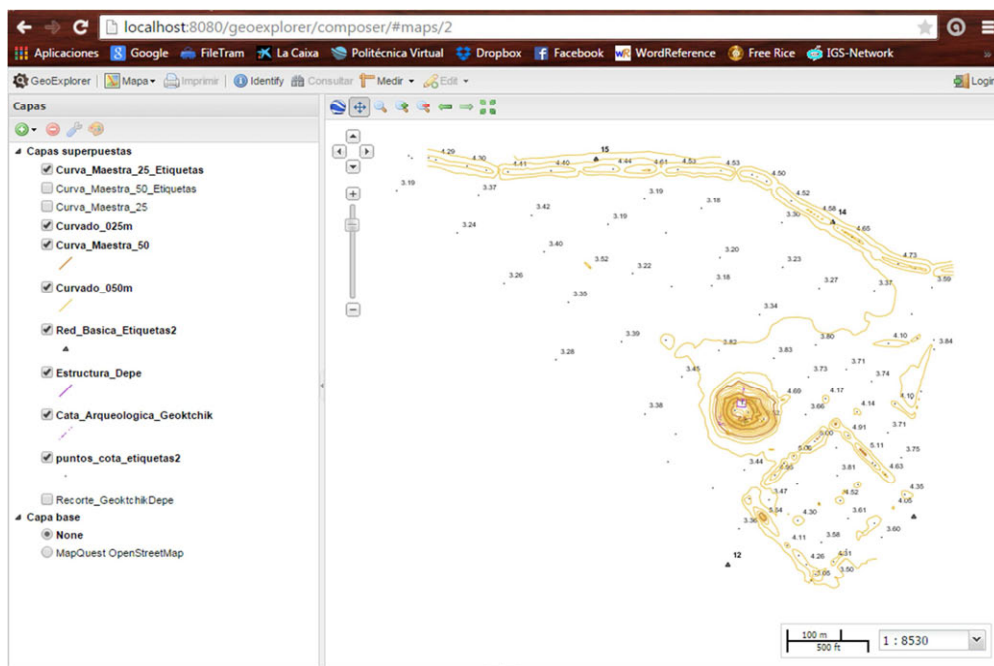


Fig. 12: Visualización final de las capas en el geoportal.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. RED FUNDAMENTAL

La determinación de coordenadas de la red fundamental se ha llevado a cabo mediante la aplicación de varios métodos de post-procesado: LGO, Bernese, PPP (IBGE de Brasil, NRCan de Canadá y Magic-GNSS) y calculadores on-line (Trimble y OPUS).

La relación de coordenadas obtenidas en los diversos procedimientos se detalla en la siguiente tabla de datos:

Tabla 4: Comparativa de coordenadas del vértice 11 de la red según procedimientos de cálculo.

Coordenadas									
Calculador	Latitud		σ	Longitud		σ	h_elips	σ	Unidad
LGO	38° 14' 52,5415"	N	-	54° 26' 59,1709"	E	-		-	metros
Bernese	38° 14' 52,5416"	N	0,032	54° 26' 59,1705"	E	0,021	-5,475	0,005	metros
PPP									
Red Canadá	38° 14' 52,5417"	N	0,007	54° 26' 59,1711"	E	0,011	-5,368	0,027	metros
Brasil	38° 14' 52,5416"	N	0,007	54° 26' 59,1716"	E	0,010	-5,480	0,021	metros
GNSS Magic	38° 14' 52,5419"	N	-	54° 26' 59,1715"	E	-	-5,495	-	metros
Calculador on-line									
OPUS	38° 14' 52,5416"	N	0,015	54° 26' 59,1705"	E	0,018	-4,135	0,019	metros
Trimble	38° 14' 52,5414"	N	0,007	54° 26' 59,1710"	E	0,009	-5,466	0,014	metros

A la vista de los resultados obtenidos, se puede concluir que el procesado mediante nuevas tecnologías, por ejemplo el PPP, está acercándose a las precisiones que se obtienen mediante métodos de cálculo más complejos.

Será en función del trabajo a desarrollar donde se deberá elegir qué procesamiento llevar a cabo. En el caso de buscar alta exactitud, se elegirá un software científico como Bernese, el cual, para poder procesar, requiere de una serie de datos basados en varias sesiones largas de trabajo. Si, por el contrario, se buscan unas coordenadas que no necesariamente requieran tan alta exactitud sería suficiente con aplicar métodos más rápidos de obtención de coordenadas como el caso de los calculadores on-line. La ventaja de estos métodos es que no implica el conocimiento del operario sobre el tema ni necesidad de capacidad crítica de los resultados.

La utilización de Bernese u otro software similar exige un conocimiento profundo del trabajo que realiza, qué procesos desarrolla, qué parámetros necesita y cómo influyen éstos en el resultado final. Por el contrario, la utilización de aplicaciones on-line, u otras en las que la única entrada son los datos brutos en formato RINEX, son completamente opacos al usuario, lo que puede ser útil para aquéllos no formados técnicamente y que no requieran de un análisis de los resultados, ya que estarán privados de cualquier posibilidad a este respecto.

8.2. PRODUCTO CARTOGRAFICO

Los resultados obtenidos se pueden dividir en elementos en soporte papel y elementos digitales con extensión “*.pdf”. La cartografía se ha generado en tres series según la escala: mapas a 1/1000, mapas a 1/500 y mapas a 1/250. Ver *Documento 3: Planos*.

La escala pequeña, 1/1000, tiene dos variantes según se representen las curvas de nivel sobre la imagen de satélite o en ausencia de ella. Representa el yacimiento de Geoktchik Depe en una única hoja.

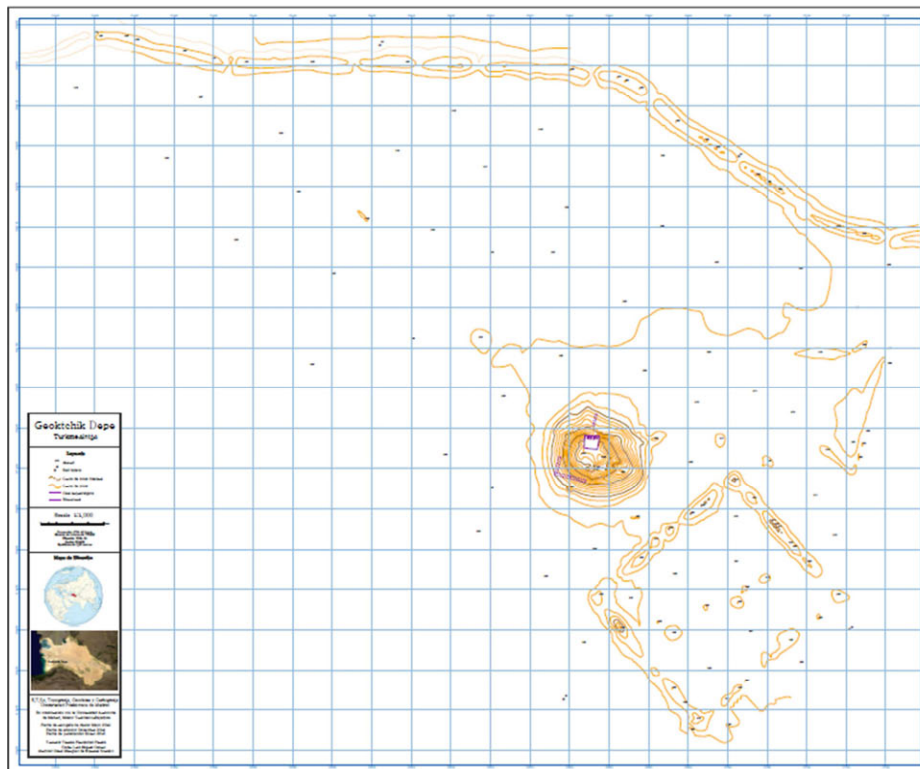


Fig. 13: Mapa a escala 1/1000

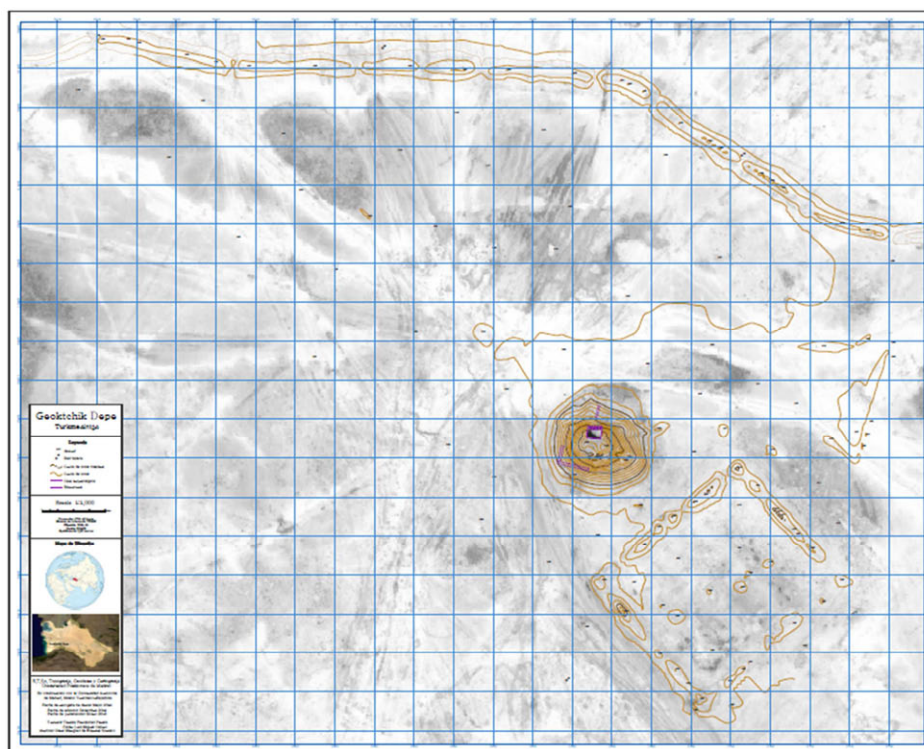


Fig. 14: Mapa con imagen satélite a escala 1/1000.

La escala 1/500 con el curvado de cincuenta centímetros se ha distribuido en seis hojas.

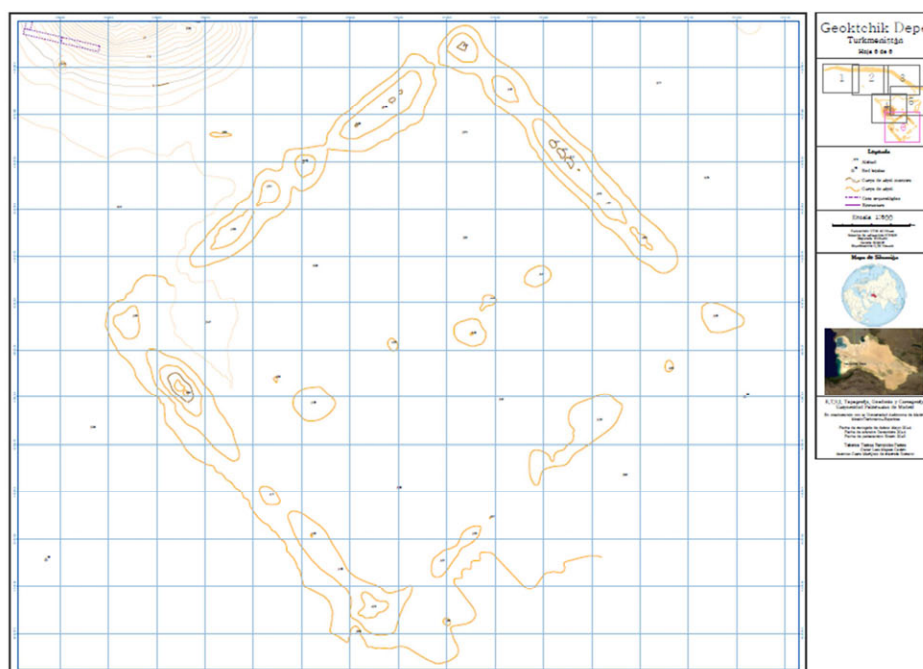


Fig. 15: Muestra de cartografía. Hoja 6 de 6 de la escala 1/500.

Los mapas a escala 1/250 se distribuyen en cinco hojas, que permite visualizar los detalles del tell y del asentamiento sasánido-islámico.

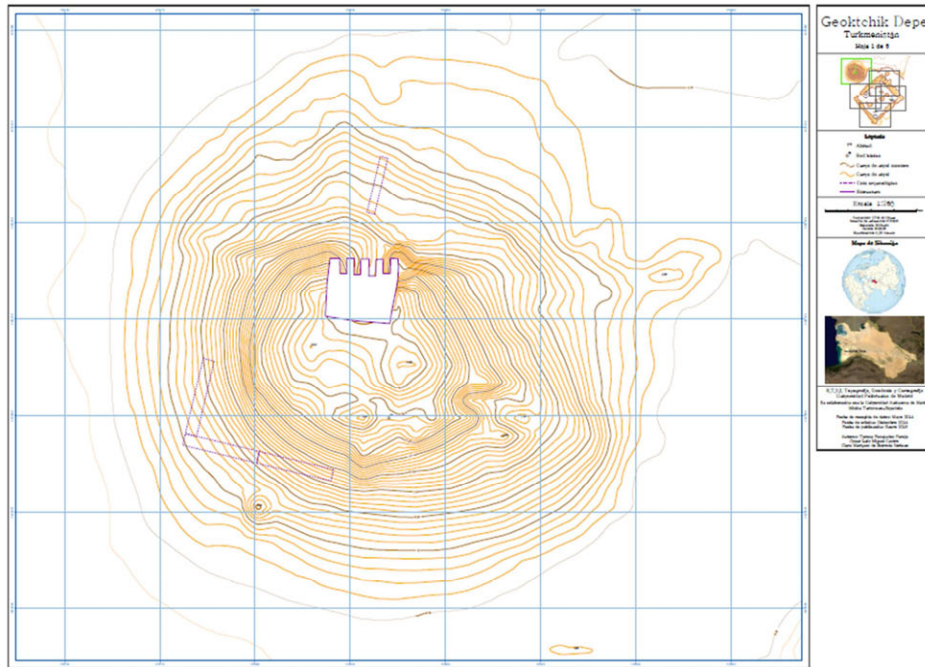


Fig. 16: Muestra de cartografía. Hoja 1 de 5 de la escala 1/250.

Para conseguir unos productos cartográficos homogéneos se han respetado en todas las series los colores, los grosores, la nomenclatura y la posición de los elementos en la cartela. Sólo en el caso del mapa con imagen se ha roto esta homogeneidad en busca de una buena legibilidad de las curvas de nivel sobre la intensidad de la imagen de satélite.

8.3. GEOPORTAL

El resultado final es un geoportal que abre un nuevo camino para posibles trabajos futuros. Se accede al geoportal a través de la dirección: <http://localhost:8080/geoexplorer/composer/#maps/2>. Dicha dirección es local del ordenador que sirve como servidor, para acceder al geoportal desde otro ordenador se debe conocer la dirección IP del ordenador que hace la función de servidor, en este caso, la dirección es <http://192.168.0.196:8080/geoexplorer/composer/#maps/2>.

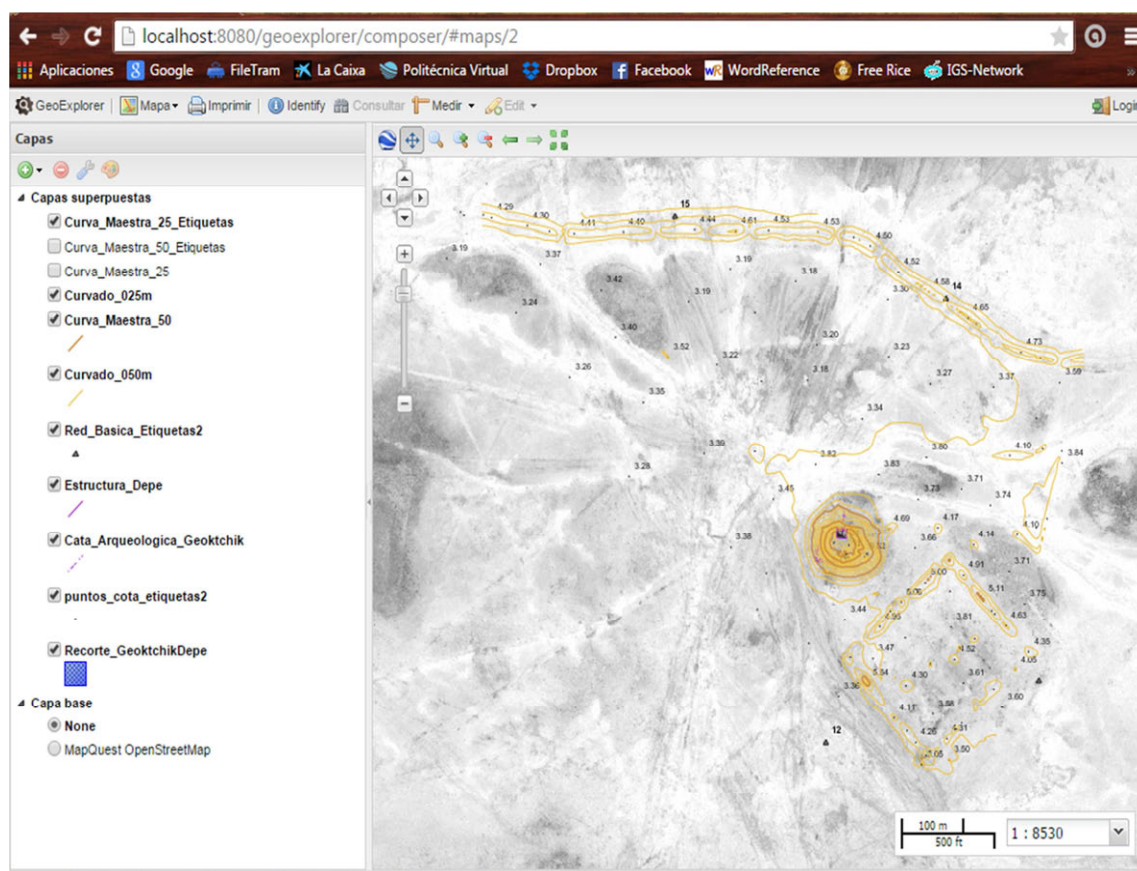


Fig. 17: Resultado del geoportal mediante GeoExplorer.

La selección de las diversas capas permite obtener diferentes resultados. De esta manera, se puede compaginar la imagen con escalas pequeñas o con el curvado de escala grande. La posibilidad de zoom permite, asimismo, obtener detalles del área cartografiada. El geoportal está preparado para realizar consultas sencillas, tales como ver los atributos del elemento seleccionado o visualizar imágenes.

9. CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS.

La obtención de coordenadas del vértice 11 de la red fundamental mediante varios métodos asegura un resultado fiable. El control de calidad de la red básica y del enlace a la red IGS se ha efectuado según las exigencias requeridas, lo que queda constatado con el análisis de los resultados.

La obtención de la particularización del modelo de geoide se ve supeditada a la precisión de las coordenadas del levantamiento y a la propia interpolación realizada a través de la malla de 2,5'x2,5'.

El curvado viene condicionado por la precisión de los datos procesados de la observación de campo, por los parámetros utilizados en su generación y suavizado, la edición efectuada y por el control de calidad realizado. El curvado se realiza mediante una interpolación de los puntos en el sistema de coordenadas UTM huso 40N con altitudes ortométricas referidas al geoide EGM08.

La edición manual, no solo de las curvas de nivel, sino de todas las entidades incluidas en el proyecto, depura la edición automática del programa. Esta edición manual es imprescindible para garantizar unos resultados que se ajusten a los pliegos de condiciones técnicas. Se revisará la simbología, la completitud, coherencia, consistencia y continuidad de la información, así como el acceso y edición de las capas incluidas en el geoportal.

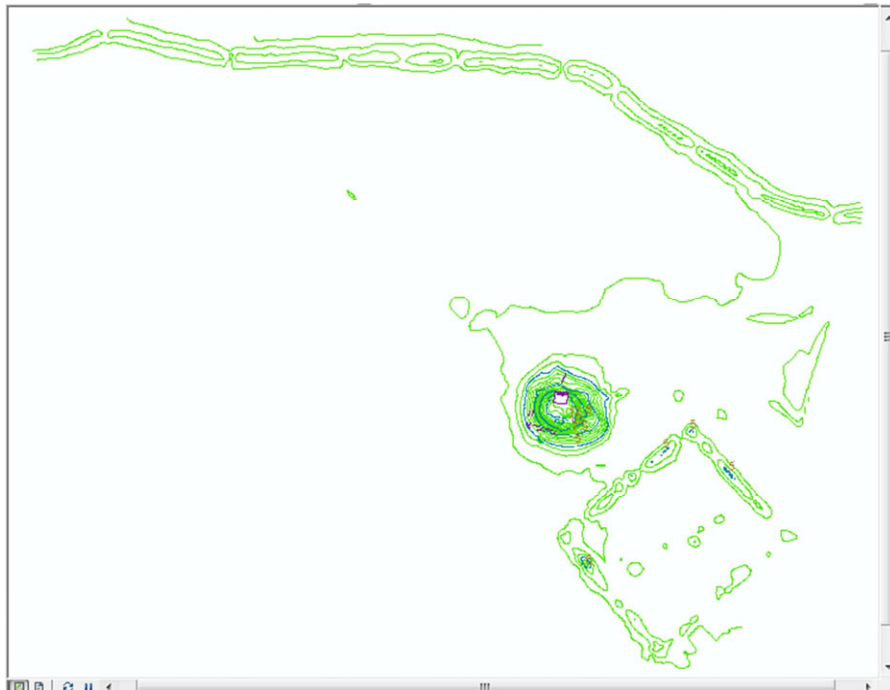


Fig. 18: Resultado del curvado a 50 centímetros tras edición manual.

10. PLANIFICACIÓN

10.1. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se puede dividir en tres bloques diferenciados: planificación, elaboración y documentación del proyecto. Cada bloque viene definido por fases según los procesos realizados. Ver *Anexo V: Planificación temporal del proyecto*.

Tabla 5: Planificación por fases del proyecto.

Bloque	Fase	Subfase	Tarea
Planificación del proyecto			
			Planeamiento del proyecto
			Definición del proyecto
			Propuesta del proyecto
			Aprobación del plan inicial
Elaboración del proyecto			
			Captura de datos
			Observación de la red fundamental
			Levantamiento topográfico
			Procesamiento de datos
			Cálculo de la red fundamental
			Descarga de datos
			Búsqueda y descarga de información complementaria
			Cálculo de la red básica y de la red de enlace
			Cálculo con Bernese
			Calculadores on-line
			Experimentación y cálculo con método PPP
			Preparación de ficheros y obtención del modelo de geoide
			Edición cartográfica
			Preparación de los datos para capas de ArcMap (<i>shapefile</i>)
			Integración, edición y diseño de elementos a representar
			Diseño de la cartografía a imprimir
			Separación de las series cartográficas según escala
			Control de calidad
			Geoportal
			Preparación de datos para el geoportal
			Pruebas y elección de software para el geoportal
			Instalación del software para el geoportal
			Establecimiento de la base de datos
			Carga e integración de datos en BB.DD
			Creación de simbología
			Publicación de capas en GeoServer
			Configuración del geoportal
			Carga de datos en geoportal
			Visualización final del geoportal
			Control de calidad
			Pruebas de impresión
			Correcciones finales e impresión
Documentación del proyecto			
			Redacción de la documentación del proyecto
			Impresión de la documentación

10.2. VALORACIÓN ECONÓMICA

El presupuesto de la elaboración del proyecto se estima en noventa y cuatro mil seiscientos treinta y seis euros con setenta y tres céntimos (94.636,73 €). Dicho coste se elabora considerando un beneficio empresarial del quince por ciento y aplicando el Impuesto de Valor Añadido (IVA). Ver *Documento 5: Presupuesto*.

11. CONCLUSIONES

En este apartado se presentan las conclusiones del TFG distribuidas conforme a los tres desarrollos principales:

- Red fundamental y levantamiento:

La elaboración de esta fase ha supuesto el manejo de programas de cálculo de redes y gestión de múltiples fuentes de datos imprescindibles para la óptima resolución del proyecto.

La alumna está en situación de abordar la ejecución y gestión de cualquier tipo de red, mediante la adquisición y explotación de datos procedentes de la red IGS y la particularización de un modelo de geoide global a cualquier zona.

El estudio comparativo de las diferentes opciones para el tratamiento de los datos GNSS (científicos, PPP, calculadores online, etc.) exige el conocimiento y entendimiento de las posibilidades y características que ofrece cada uno, aplicando el más conveniente en cada circunstancia, lo que no es posible sin la formación técnica adecuada.

- Cartografía:

Se ha puesto de manifiesto la complejidad de la representación de zonas desérticas como la que abarca este TFG, lo que ha exigido una metódica y ordenada captura de datos, dificultada por la ausencia de referencias.

Ha sido interesante y enriquecedor el dominio adquirido de las extensiones de ArcGIS en las diferentes etapas de la producción cartográfica, desde los distintos elementos del mapa hasta el diseño y maquetación de las series cartográficas elaboradas.

- Geoportal:

El desarrollo del TFG ha permitido adquirir y completar las destrezas necesarias para el diseño e implementación de un geoportal ampliando, en el área de las IDEs, las competencias alcanzadas durante los estudios de Grado en Geomática y Topografía.

La implementación del geoportal es una herramienta de difusión de documentación e información geoespacial imprescindible en el área de la Geomática y aplicable a otras ciencias como la Historia.

Consideraciones generales:

- En el TFG se han incluido las fases de la producción cartográfica, por lo que se considera un proyecto completo que podría ser utilizado como guía de estudio y consulta.
- Durante el desarrollo del TFG ha quedado patente la importancia de la normalización en el manejo de ficheros para su utilización en distintos programas e intercambio de información entre sistemas.

Consideraciones finales:

- Los objetivos formulados en el TFG se han alcanzado convenientemente.
- Las destrezas y conocimientos adquiridos durante los estudios de Grado han sido aplicados, ampliados y desarrollados satisfactoriamente.

Durante la Edad del Hierro, la actual llanura de Misrián fue centro de la Cultura del Dehistán Arcaico. En el extremo septentrional de la red de canales de la época que hicieron posible entonces la vida y la cultura se levanta, aislado, Geoktchik Depe, una gigantesca plataforma de adobe que podría haber estado relacionada con los usos funerarios de los dirigentes de esta región. Geoktchik Depe se encuentra en el vilayato de Balkán, una de las cinco grandes provincias de Turkmenistán, de notable importancia en la explotación de petróleo y gas natural, [9].



Fig. 20: Vista de Geoktchik Depe.

2.2. HISTORIA DEL TERRITORIO

En la actualidad, se sabe que en las llanuras septentrionales de Dehistán, donde vivían las tribus Doha y Pomi, nació el Imperio de los Partos, y que en época islámica, Dehistán fue llamada región de Misrián por una de sus capitales medievales, hito recalcado del comercio de la seda, [1].

A comienzos del siglo XIII, la región fue arrasada por los mongoles que exterminaron a la población, cegaron los canales y quemaron las aldeas agrícolas, provocando que Dehistán-Misrián no volviera a ser habitada a causa de la desertización y la ausencia de pozos, lo que provocó el desvío de las rutas caravaneras.

A mediados del siglo XIX, las intenciones británicas de extender por el norte su imperio de la India y su influencia sobre Irán, avivaron las apetencias rusas por Asia Central. Entre 1800 y 1890 el Imperio ruso fue integrando las diversas zonas de Asia Central en su territorio y su economía,

administrando la enorme región en cinco welayat o provincias: Balkán, Ahal, Dashoguz, Lebap y Mary.

A partir de los años veinte del siglo XX, con la consolidación de la URSS y la maduración de las nuevas repúblicas de Turkmenistán, Uzbekistán, Kazajistán, Tayikistán y Kirguistán, la investigación sobre la antigüedad adquirió gran importancia. En este momento las Instituciones soviéticas emprendieron proyectos interdisciplinarios para levantar los restos arqueológicos y acometer metódicamente el estudio del pasado de la región.

En los años cincuenta, Vadim Mijailovich Masson abrió algunos sondeos arqueológicos en diferentes yacimientos de la llanura de Misrián. Hallazgos en lugares como Izat Kuli y Madau destacaron porque se descubrió una original cultura hasta entonces desconocida, que el Dr. Masson llamó Dehistán Arcaico, fechándola entre el 1.300 y el 500 a. C, [8].



Fig. 21: Cronología Protohistoria.

En los años noventa, apenas disuelta la Unión Soviética y constituida la nueva República de Turkmenistán, el *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS) emprendió un proyecto en la región de Misrián, enfocado a la Edad del Hierro y centrado en el yacimiento de Geoktchik Depe. En el marco de un acuerdo de cooperación entre el CNRS francés y el Instituto de Historia Batyrov de la Academia de Ciencias de Turkmenistán, durante el período 1994-1997 y a cargo de Dr. Olivier Lecomté, se establecieron las pautas para estudiar los restos arqueológicos en la llanura de Misrián masiva a gran escala. De esta forma se pone de relieve la importancia de la cultura de la Edad del Hierro en dicha región, [1].

2.3. HISTORIA DEL YACIMIENTO

Geoktchik Depe se considera el corazón de Dehistán. Las excavaciones de las campañas 2010 y 2011 dirigidas por el Dr. Joaquín Córdoba documentaron y demostraron que Geoktchik Depe era una gigantesca construcción monumental, una gran plataforma de unos ochenta metros de frente y más de diez de altura por sesenta metros de norte a sur.



Fig. 22: Muros de la estructura de adobe en el interior del tell.



Fig. 23: Estructura de adobe en el interior del tell.

Geoktchik Depe se halla alejado de asentamientos humanos en, aproximadamente, sesenta kilómetros hacia el sur y dada la ausencia de material arqueológico en sus alrededores, la importancia de este yacimiento sobresale notablemente: un enorme edificio relacionado con el más allá y, tal vez, con prácticas funerarias propias de Asia Central y de Irán. Dicha suposición es la gran incógnita a resolver con las campañas de excavación pasadas y futuras, junto a la naturaleza y función real del complejo, forma del mismo, accesos a la supuesta gran sala, sentido de la misma, historia completa de la edificación en el sentido técnico, cómo pudieron fabricar tal cantidad de materiales, naturaleza de la relación del complejo con los yacimientos de la Edad del Hierro, etc., [8].

En el yacimiento también se localiza un asentamiento sasánido-islámico. Se trata de un complejo rectangular de unos doscientos metros de lado. La edificación es de tipo agrario fortificada de la época sasánida, con una puerta principal flanqueada por dos torres típicas del período.

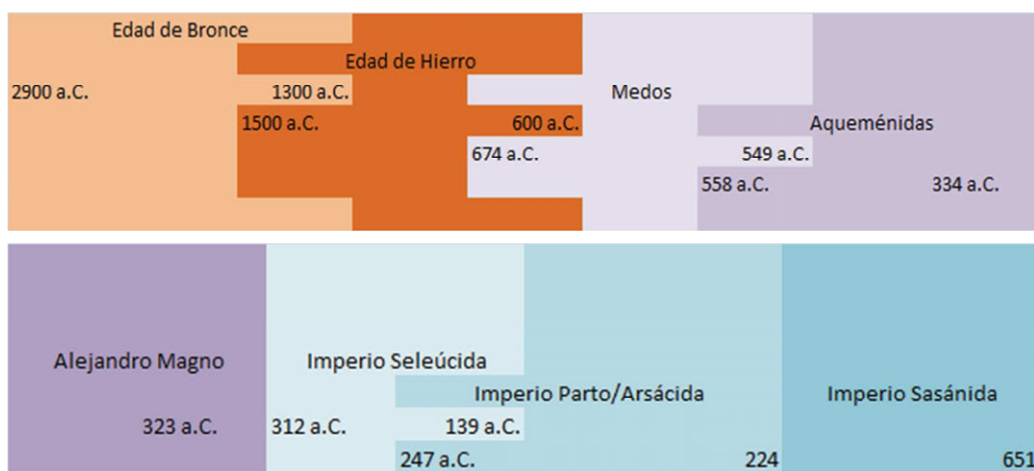


Fig. 24: Cronología presasánida.

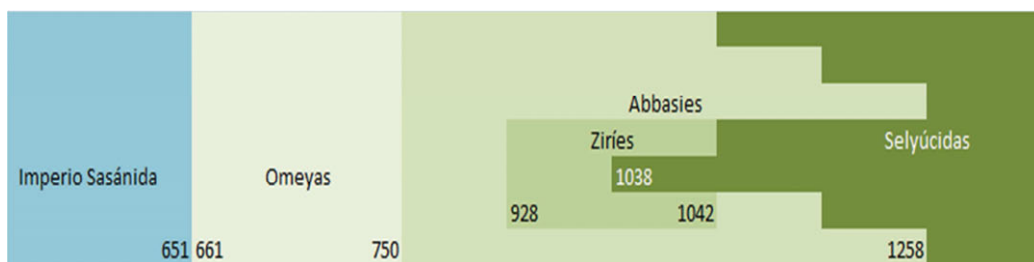


Fig. 25: Cronología sasánido-islámica.

Situación del asentamiento sasánido-islámico sobre la imagen de satélite.

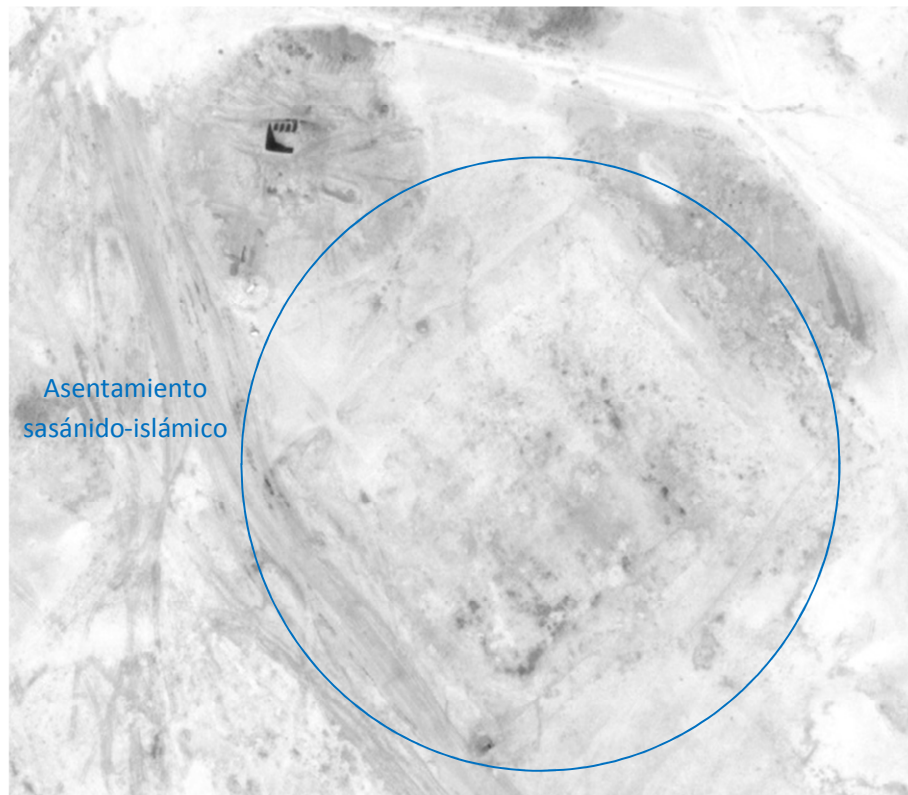


Fig. 26: Asentamiento sasánido-islámico de Geoktchik Depe.

ANEXO II: PREPARACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DE LA FASE EXPERIMENTAL

1. INTRODUCCIÓN

A continuación se detallan e indican las características y extensiones de los archivos empleados en cada una de las fases del proyecto. La preparación de los ficheros como documentación de salida va a permitir el correcto y adecuado tratamiento de los datos.

2. RED FUNDAMENTAL. RED INTERNATIONAL GNSS SERVICE FOR GEODYNAMIC (IGS)

Los datos de partida son las observaciones en campo de la red fundamental, así como los documentos digitales de las estaciones IGS consideradas, [15]. Los archivos de la red fundamental tienen un formato específico de Leica, configurándose el instrumental empleado con este tipo de extensión, que puede leerse en programas desarrollados por Leica.

A pesar de que se permiten otras extensiones, por ejemplo el estándar RINEX, y puesto que la información procedente de las observaciones de campo se tratará en primer lugar con el software comercial Leica Geo Office (LGO), se opta por tramitar los datos mediante formato Leica.

2.1. SOFTWARE LEICA GEO OFFICE (LGO)

Como se ha indicado, la entrada de datos se realiza mediante ficheros base de Leica. Estos ficheros proceden directamente de la descarga de las tarjetas de memoria del instrumental GNSS utilizado.

La carpeta que contiene los archivos de memoria de cada sesión de trabajo en la tarjeta de memoria tipo CF, es la denominada “DBX”. En esta tarjeta se crean entre seis y ocho ficheros por sesión que contienen las observaciones. De ellos, los ficheros de extensión “*.i00” y “*.m00” son imprescindibles para la visualización y descarga de datos en LGO. El resto de ficheros contienen en sí mismos los datos de la observación.

El programa LGO permite extraer en formato RINEX la información original, preparando así los datos para la siguiente fase de procesamiento en la que serán necesarios ficheros con esta extensión. La ventaja del formato RINEX es que al ser un estándar se pueden tratar las observaciones en otros programas de cálculo de redes, por ejemplo, para el cálculo por el método PPP.

Asimismo, es necesario convertir las observaciones de dos estaciones de la red IGS, formuladas como “KIT3” y “TASH”. La conversión de los ficheros consiste en eliminar la observación

correspondiente a la frecuencia L5 hasta obtener archivos que sólo contengan las frecuencias L1 y L2. De esta forma es posible el correcto procesado de datos.

Respecto a los datos auxiliares necesarios en el procesado de datos, se debe ser cuidadoso con las extensiones de los ficheros. Dicha información requerida es: efemérides precisas, observaciones y coordenadas de las estaciones fijas IGS, calibración de antenas y modelo de ionosfera y de troposfera. Así, los archivos de ionosfera serán “*.ION”, los de troposfera “*.TRO” y los de calibración de antenas “*.ANTEX”. Respecto a las efemérides precisas, la extensión será “*.sp3”. En función del nombre del fichero serán para GLONASS (igl) o para observaciones GPS (igs). Hay que tener en cuenta también que las observaciones de las estaciones de referencia fijas se deben descargar en fichero de tipo RINEX para poder ser leídas por otros programas, [20].

2.2. SOFTWARE BERNESE

El software Bernese es un software desarrollado para el procesamiento de alta precisión de datos GNSS creado por el Instituto Astronómico de la Universidad de Berna, Suiza. Su mayor logro, en el entorno de la Geomática, es la fijación de ambigüedades para GPS y GLONASS sin el condicionante de la distancia de las líneas base, como suele ocurrir en los programas comerciales, por ejemplo LGO. Además, Bernese permite la especificación de una gran relación de parámetros lo que significa una mayor y mejor particularización del problema que se va a tratar.

Para procesar las redes con Bernese es necesario disponer de una serie de archivos preparados con extensiones correspondientes a lo esperado, [33].

Los datos originales de la red fundamental que puede procesar Bernese son los correspondientes a sesiones largas con, al menos, tres horas de observación de un mismo punto. En el caso de las observaciones efectuadas en Geoktchik Depe, el vértice número 11 de la red fundamental es el que ha sido observado diariamente y durante más tiempo ya que fue considerado como referencia para el levantamiento RTK. Las observaciones en este punto permitirán determinar con gran exactitud su localización espacial y propagar dicha exactitud a todas las observaciones realizadas.

Así pues, la extensión de las sesiones del vértice 11 debe ser RINEX, pues Bernese trabaja únicamente con ficheros interoperables. El resto de ficheros necesarios en el procesado de los datos deben tener la misma extensión que la considerada con LGO: “*.sp3” para efemérides, “*.ION” para la ionosfera, etc.

Con el fin de determinar correctamente el origen de alturas elipsoidales, es crítica la definición del tipo de antena, la referencia para la medida de la altura de antena, el tipo de altura (inclinada o vertical) y la altura en sí misma de la antena, así como la altura de las antenas de los vértices observados.

Una vez preparados los archivos con sus formatos adecuadamente establecidos, se puede iniciar la fase de cálculo con Bernese.

3. MODELO DEL GEOIDE

La República de Turkmenistán no permite al personal extranjero solicitar información geodésica y cartográfica al organismo cartográfico oficial, por lo que el modelo de geoide debe extraerse de otras fuentes.

El programa Geoids que ofrece Ashtech permite localizar las ondulaciones del geoide en la zona de trabajo, [22].

El formato extraído de Geoids es “*.geo” y el programa LGO requiere un fichero de extensión “*.GEM” o en su defecto, un fichero ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) con extensión “*.asc”, resultando adecuada esta opción para el modelo de geoide con el fin de visualizar el área de estudio, pero no para realizar una aplicación del modelo.

La forma de extraer una particularización del modelo del geoide consiste en recurrir a los servicios de la *Nacional Geospatial-intelligence Agency* (NGA). El modelo de geoide global es el EGM08 en su versión WGS84, [34].

En el apartado de productos y servicios de la dirección web oficial de la NGA se puede descargar un programa de interpolación en lenguaje FORTRAN para sistemas Intel, el formato de lectura informática de datos Little Endian. Los datos necesarios para obtener las ondulaciones del geoide son la latitud y la longitud. Estas coordenadas deben ser expresadas en grados sexagesimales en un archivo “Input.DAT”. El archivo de salida que contendrá la latitud, la longitud y la ondulación del geoide para cada punto indicado, se denomina “Output.DAT”. Después de esta transformación se podrán calcular las alturas ortométricas.

Complementariamente, es necesario disponer de una malla de 2,5’x2,5’ del modelo global con el fin de interpolar y obtener ondulaciones particularizadas a las coordenadas requeridas.

Las coordenadas geográficas se obtienen mediante el programa LGO en graduación sexagesimal compleja. A través de una hoja de cálculo Excel se procede a la obtención de la latitud y longitud en graduación sexagesimal incompleja. Los puntos (latitud, longitud), sin el identificador numérico, se llevan a un archivo “*.txt”. Este archivo se transforma a extensión “*.DAT” y de esta forma queda preparado para trabajar con el programa interpolador.

4. CARTOGRAFÍA

Con las coordenadas espaciales de la red fundamental ajustadas, los enlaces a la red IGS y las coordenadas de los puntos del levantamiento se está en disposición de preparar los ficheros y documentos necesarios para la producción cartográfica.

4.1. DOCUMENTOS INICIALES

Se dispone de una imagen satelital del área de Geoktchik Depe en el sistema WGS84 y en formato de GeoTiff. La imagen fue tomada el día 19 de mayo de 2014 y se le ha aplicado un realce de los colores. El GSD (*Ground Sample Distance*) de la imagen, es decir, el tamaño del pixel en el terreno es de 0,75 metros.

Debido a las características de la imagen, para poder trabajar sobre ella con formato “*.tiff” es necesario realizar una georreferenciación. De esta forma, se conseguirá adecuar la imagen a las observaciones procesadas y podrá ser considerada como un documento métrico.

4.2. DOCUMENTOS PARA LA EDICIÓN DEL CURVADO

La transformación de datos procedentes del cálculo y ajuste de la red fundamental y del enlace a la red oficial IGS, junto a la particularización del modelo del geoide y la imagen satelital, permite iniciar la preparación de datos para la siguiente fase de la producción cartográfica.

Mediante software ArcGIS 10.1 se ha aplicado una proyección a las observaciones calculadas y ajustadas procedentes de la captura de datos. Dicha proyección es la UTM en el huso 40 hemisferio norte. Se consigue así tener coordenadas geográficas (latitud, longitud) y coordenadas proyectadas (este, norte) de los puntos de la red fundamental y de los puntos del levantamiento topográfico.

Las ondulaciones del geoide y las alturas elipsoidales, procedentes de campo, proporcionan la tercera coordenada tridimensional, la altura ortométrica. Ver 4.2 *Fundamentos del Documento 1: Memoria*.

Con todo lo anterior se crea un fichero de extensión “*.txt” incluyendo el identificador del punto, la coordenada X, la coordenada Y y la altura ortométrica.

Importado dicho archivo al programa ArcGIS 10.1, se procede a la transformación del fichero de base de datos a un fichero con atributos espaciales. Este fichero será denominado “capa” en el entorno del software. El documento es de tipo *shapefile* por lo que el fichero tendrá extensión “*.shp”.

Una vez realizada la integración de datos, se consigue tener una capa por cada dato que se requiere. En este punto se podrá comenzar la edición cartográfica y los procesos necesarios para la producción.

El modelo digital del terreno se visualizará en una extensión de ArcGIS 10.1 específica denominada ArcScene. Este programa necesita un archivo ráster o de tipo “*.TIN”. El fichero “*.TIN” es un formato propio de este tipo de datos.

4.3. DOCUMENTOS PARA LA MAQUETACIÓN

Finalizada la edición cartográfica se dispondrá de las capas de tipo *shapefile* preparadas y dispuestas para la maqueta. El inicio de esta fase no requiere extensiones diferentes a las ya indicadas

La salida de producción son ficheros digitales en formato “*.pdf” y los proyectos del programa ArcGIS cuya extensión es “*.mxd”. Más tarde, los mapas obtenidos tras esta fase de trabajo se imprimen para tenerlos en formato papel.

5. GEOPORTAL

El diseño del geoportal requiere que los archivos tipo ráster, en este caso la imagen satelital, tengan un formato “*.tiff”.














Los archivos vectoriales de trabajo son los procedentes de la fase de cartografía. La base de datos espacial y la publicación web de las capas de datos tienen extensión *shapefile*, “*.shp”.

Los almacenes de datos de GeoServer permiten otros formatos de entrada, tanto para datos ráster como para datos vectoriales; en la siguiente imagen se muestran posibles extensiones:










Nuevo origen de datos

Seleccione el tipo de origen de datos que desea configurar

Orígenes de datos vectoriales

-  Directory of spatial files (shapefiles) - Takes a directory of shapefiles and exposes it as a data store
-  H2 - H2 Embedded Database
-  H2 (JNDI) - H2 Embedded Database (JNDI)
-  MySQL - MySQL Database
-  MySQL (JNDI) - MySQL Database (JNDI)
-  OGR - Uses OGR as a data source
-  PostGIS - PostGIS Database
-  PostGIS (JNDI) - PostGIS Database (JNDI)
-  Properties - Allows access to Java Property files containing Feature information
-  Shapefile - ESRI(tm) Shapefiles (*.shp)
-  Spatialite (JNDI) - Spatialite (JNDI)
-  Teradata (JNDI) - Teradata Database (JNDI)
-  Web Feature Server - The WFSDataStore represents a connection to a Web Feature Server. This connection provides access to the Features published by the server, and the ability to perform transactions on the server (when supported / allowed).

Orígenes de datos raster

-  AIG - Arc/Info Binary Grid (AIG) Coverage Format
-  ArcGrid - Arc Grid Coverage Format
-  DTED - DTED Coverage Format
-  EHDr - EHDr Coverage Format
-  ENVIHDr - ENVIHDr Coverage Format
-  ERDASImg - Erdas Imagine Coverage Format
-  GeoTIFF - Tagged Image File Format with Geographic information
-  Gtopo30 - Gtopo30 Coverage Format
-  ImageMosaic - Image mosaicking plugin
-  NITF - NITF Coverage Format
-  RPFTOC - RPFTOC Coverage Format
-  RST - IDRIS (RST) Coverage Format
-  WorldImage - A raster file accompanied by a spatial data file

Otros orígenes de datos

-  WMS - Configura un Web Map Service en cascada

Fig. 27: Formatos posibles para entrada de datos del geoportal.

Se añaden en el geoportal unos enlaces web desde localhost de imágenes y documentos de interés. Esta documentación debe tener extensión “*.pdf” y las fotografías serán de formato “*.jpeg” o “*.png”.

El tipo de estilos aplicados ha de tener extensión “*.xml”. La página web final, para el acceso al geoportal, estará definida según el protocolo de HTML.

ANEXO III: PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA

1. RED FUNDAMENTAL. RED INTERNATIONAL GNSS SERVICE FOR GEODYNAMIC (IGS)

Se considera red fundamental a la red de puntos creada en campo, que abarca el área de trabajo, y constituye el almacén de referencia del área de estudio.

La red *International GNSS Service for Geodynamic* (IGS) materializa el marco de referencia ITRF08. El IGS tiene por objeto capturar, archivar y distribuir datos y productos asociados al GNSS, dando apoyo geodésico de alta precisión.

A través del enlace de la red fundamental del yacimiento con la red IGS, se obtendrán las coordenadas oficiales en el sistema ITRS08.

1.1. PREPARACIÓN Y OBSERVACIÓN

1.1.1 Distribución de los puntos de la red

En primer lugar, se debe planificar el establecimiento de la red fundamental. Con el fin de que los puntos de la red puedan ser utilizados en futuras campañas para trabajos de topografía arqueológica en el yacimiento, o bien para la ampliación de la superficie excavada, y que todas las operaciones queden incorporadas en un mismo sistema global, se considera implantar una red formada por cinco vértices cuya distribución queda reflejada en la figura siguiente.

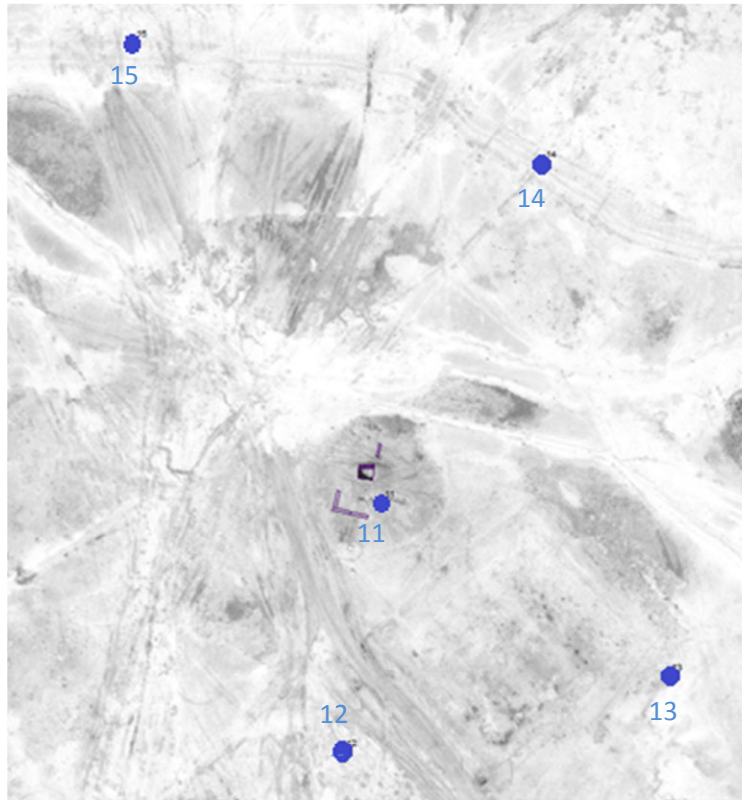


Fig. 28: Distribución de los cinco vértices de la red básica.

Los vértices de la red se materializan mediante un hito tipo *Feno* y cuatro barras de hierro corrugado de aproximadamente cincuenta centímetros de longitud.

1.1.2 Observación de la red fundamental

La observación de la red fundamental se realiza con equipos GNSS Leica 1200+. El método de observación es el estático-rápido. Los condicionantes de este método establecen que las líneas base formadas entre los puntos de la red no deben ser superiores a veinte kilómetros: de esta forma, la precisión teórica esperada es de $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$. Esto confirma que el equipo y metodología de observación responden a los requisitos establecidos en el pliego de condiciones técnicas.

Los vértices de la red se denominan del 11 al 15, consecutivamente. Se diseña la observación de los triángulos: 11-12-13, 11-13-14, 11-14-15 y 15-11-12. Este procedimiento y la definición de estos triángulos será necesaria para que, en post-proceso, la red fundamental pueda ser calculada y ajustada.

La observación de la red se realiza siguiendo los siguientes pasos:

- Se sitúa un equipo en el punto 11, otro en el 12 y otro en el 13.

- El primer equipo (en el vértice 11) con el último colocado (el 13) deben observar, simultáneamente, al menos, treinta minutos.
- Pasado ese tiempo, se mueve el equipo del vértice 12 al punto 14. Se observa simultáneamente durante otros treinta minutos en los puntos 11, 13 y 14.
- A continuación, se desplaza el equipo del vértice 13 al 15, observando, de nuevo de forma simultánea, el triángulo formado por 11-14-15 durante otros treinta minutos.
- Finalmente, para cerrar la observación, se desplaza el instrumental del vértice 14 al 12 y se observa durante otra media hora. Esta revisita asegura la redundancia de datos en post-proceso pues en todos los vértices se ha estado dos veces.

Más tarde se realiza la descarga de datos desde los receptores GNSS al ordenador, efectuada mediante un lector de tarjetas *Compact Flash* (CF).

1.2. PROCESADO Y CÁLCULO

Cualquier proyecto de red debe seguir un flujo de trabajo que contemple las siguientes fases vinculadas:

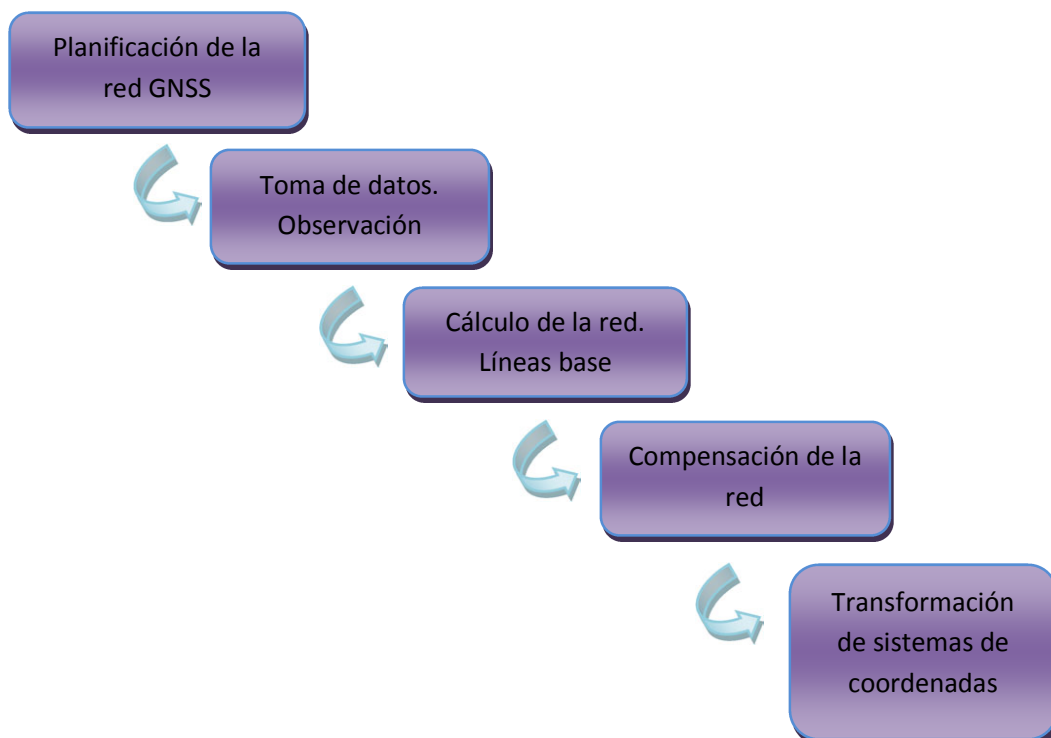


Fig. 29: Flujo de trabajo.

1.2.1 Información previa

El procesado de las observaciones requiere adaptar documentos y datos a los formatos que posteriormente se emplearán en las diferentes etapas del cálculo.

En primer lugar se consulta el calendario GPS para determinar las efemérides correspondientes a la fecha de las observaciones: semana 1792, día 135 y día de la semana, [14].

A continuación, se buscan los archivos ANTEX de calibración de las antenas, tanto de las utilizadas para la observación como las de las antenas de las estaciones fijas del IGS, [18].

Desde el Centro para la determinación de la Órbita en Europa (CODE) se descarga el archivo de extensión “*.ION” del modelo de ionosfera, [19]. En este mismo portal web se localiza el modelo troposférico, [25]. Para obtener más información acerca de este modelo, se pueden consultar las publicaciones del *GNSS Research Group del Royal Observatory of Belgium*, [26].

Las efemérides precisas se descargan a través del IGS, [16]. Se trata de un archivo de extensión “*.sp3”, distinguiendo las efemérides GPS de las GLONASS. Por tanto, se tendrán dos ficheros: “igs17924.sp3” y “igl17924.sp3”.

Posteriormente, se determina qué estaciones permanentes del IGS se incluirán en el cálculo de la red fundamental. La selección se realizará teniendo en cuenta que las estaciones estén en la misma placa tectónica y que la distancia a la red fundamental sea la menor posible. Ya se está en disposición de descargar los archivos RINEX de la dirección del IGS, [20].

Las estaciones IGS elegidas son dos antenas en Uzbekistán (KIT3 y TAHS), una antena en China (URUM), una en Turquía (ISTA), una en Rusia (ZECK) y una en Ucrania (KHAR). La distribución de las antenas se puede ver en el apartado 7.3.2 *Red fundamental. Red International GNSS Service for Geodynamic (IGS)* del *Documento 1: Memoria*. La estación permanente más cercana (KIT3) está a aproximadamente 1084 km, siendo la mayor distancia (URUM) de aproximadamente 2800km.

Finalmente se puede proceder al cálculo y ajuste de la red fundamental.

1.2.2 Cálculo con software Leica Geo Office (LGO)

Se crea un proyecto en LGO indicando el sistema de coordenadas a emplear, en principio WGS84. Dentro de las carpetas del proyecto se incluye el modelo de ionosfera y se añaden las efemérides precisas. Desde el menú de herramientas del programa se accede al menú de antenas, desde donde se introducen las calibraciones de las antenas utilizadas, es decir, las utilizadas para observar la red y las de las estaciones fijas IGS, comprobando que el tipo de antena y el tipo de altura de antena son correctos.

El post-procesado con LGO consta de dos fases: el cálculo y ajuste de la red fundamental y el enlace a la red IGS.

En la fase de cálculo, se procede a señalar el vértice 11 de la red como referencia y el resto (de 12 a 15) como móviles; de esta forma se procesa y se determinan las líneas base.

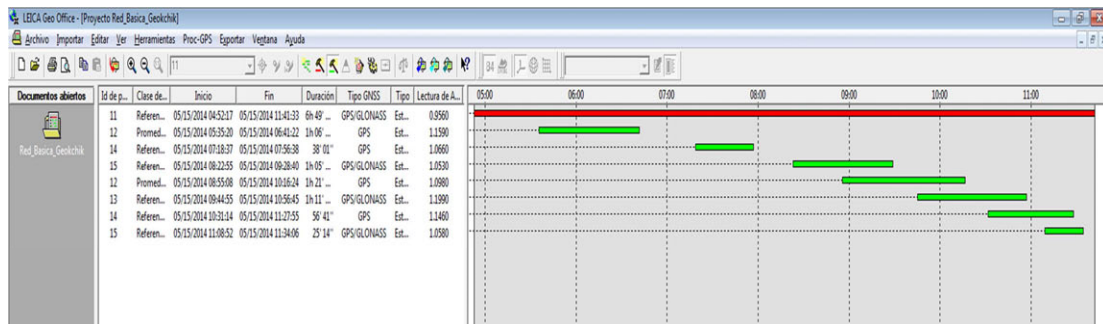


Fig. 30: Procesamiento de la red fundamental con LGO.

También se incluyen parámetros adicionales, como la incertidumbre esperada en el estacionamiento de los puntos.

Las líneas base conforman los triángulos: 15-11-12, 11-12-13, 11-13-14 y 11-14-15.

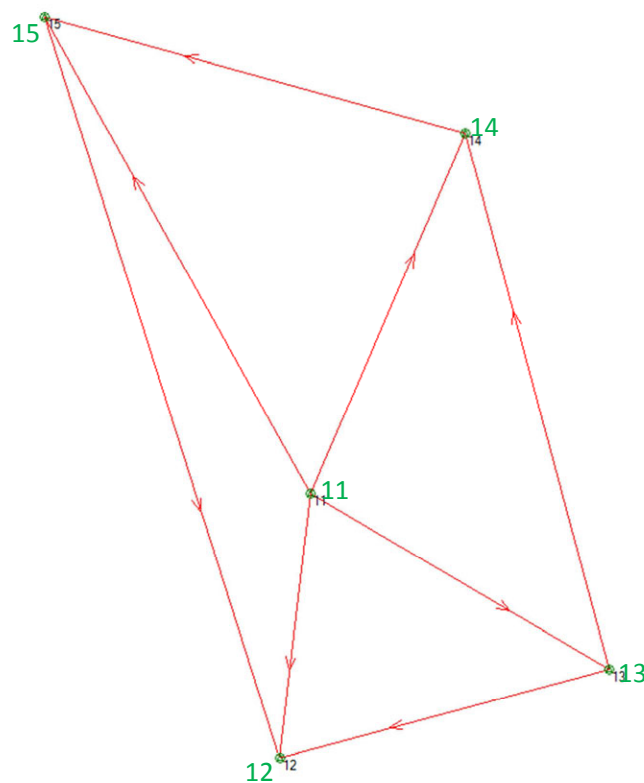


Fig. 31: Líneas base de la red fundamental.

La operación siguiente consiste en efectuar el ajuste de la red fundamental considerando elipses de error con un nivel de confianza del 95%. LGO ejecuta un informe de cálculo del ajuste de la red.

A continuación, se realiza el enlace de la red fundamental con la red IGS de tal forma que las coordenadas del proyecto estén en el marco de referencia ITRF08. Se enlazan las estaciones fijas con el vértice 11 por ser la observación más larga disponible. Las coordenadas de los ficheros RINEX de las estaciones IGS deben ser comprobadas, asegurándose de que son las coordenadas oficiales que ofrece el IGS en la época 2005,0.

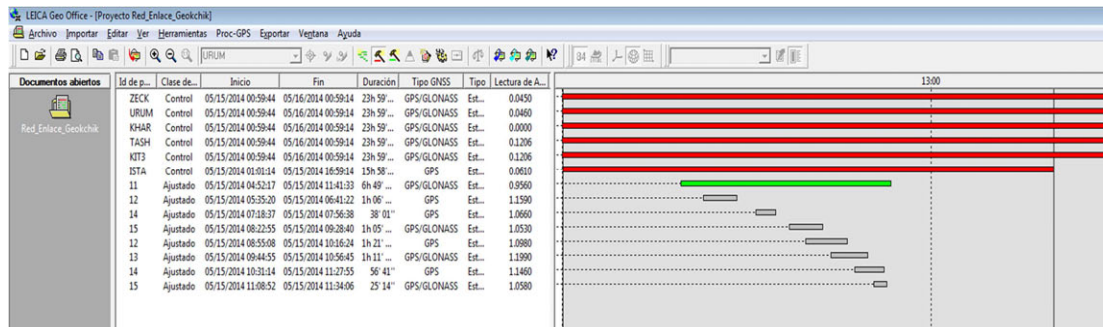


Fig. 32: Enlace de la red IGS y la red fundamental.

Durante el procesamiento de estas líneas base aparecen anomalías relacionadas con las observaciones GLONASS y con la presencia de la frecuencia L5 en los ficheros RINEX de los puntos de observación. Para solucionar estos problemas se recurre a dos transformaciones de ficheros: eliminación de la frecuencia L5 de los archivos y cambio de formato. En el primer caso, se utiliza un programa llamado “RinexSimple”, que elimina la frecuencia L5 de los ficheros RINEX, [23]. El segundo problema se soluciona cambiando el formato RINEX 2.11 a una versión anterior, RINEX 2.0, [24].

Realizadas estas operaciones, se quedan determinadas las líneas base de la red fundamental.

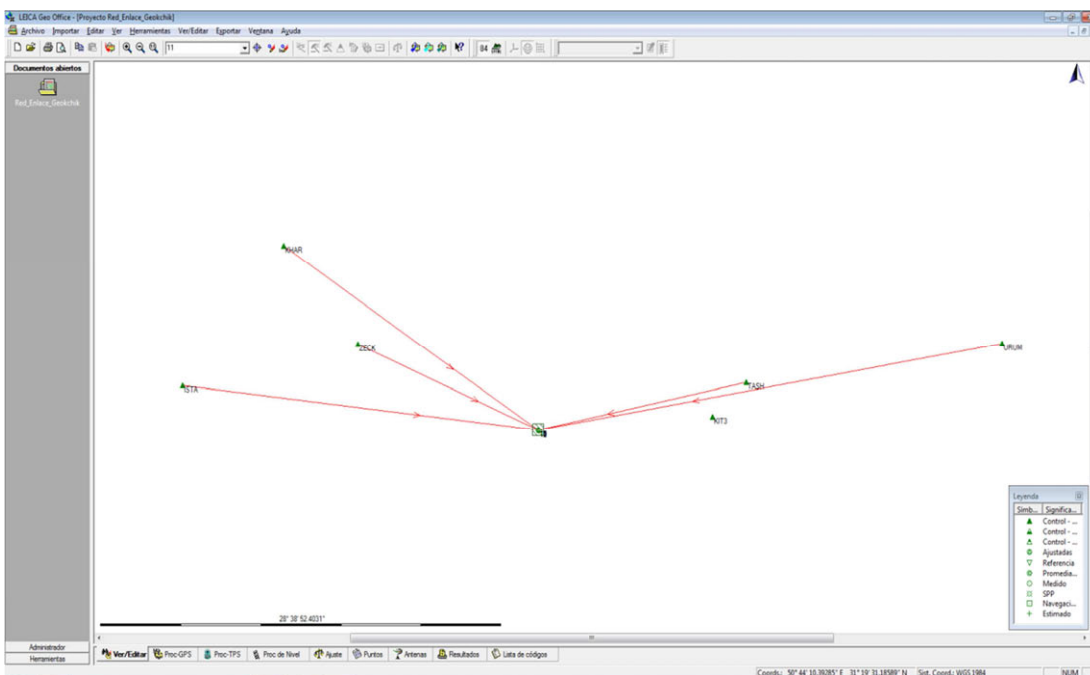


Fig. 33: Líneas base del enlace entre la red IGS y la red fundamental.

Aplicando la proyección UTM y un modelo de geoide se estará en disposición de representar cartográficamente la información de campo.

Coor_Cartesianas_11a15.txt: Bloc de notas			
Archivo	Edición	Formato	Ver Ayuda
11	2916056.9208	4080588.7912	3927090.2062
12	2916183.8731	4080707.0661	3926859.6297
13	2915857.5746	4080867.6391	3926935.0302
14	2915774.9086	4080483.1473	3927393.1038
15	2916101.2982	4080153.6757	3927491.3438

Fig. 34: Coordenadas de la red.

Se debe tener en cuenta que la solución de red conseguida con este programa (LGO) no fija ambigüedades, por lo que el resultado que se obtiene no es el esperado en este proyecto. Para ello, se calcularán de forma más exacta las coordenadas del vértice 11 mediante el software Bernese y, posteriormente, se aplicarán en el proyecto LGO para asegurar la desviación típica experimental de las observaciones en estático-rápido, en aproximadamente $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ ppm}$.

1.2.3 Método de Posicionamiento Puntual Preciso (PPP)

Mediante el empleo de un solo receptor se observa un punto. En post-proceso, considerando los satélites como puntos fijos, se obtienen las coordenadas del vértice considerado. El inconveniente del método PPP es que se trata de un método experimental y las coordenadas se obtienen a través de una gran cantidad de correcciones hasta conseguir las precisiones requeridas, [21]. Se ha realizado el cálculo por tres organismos que ofrecen el método de Posicionamiento Puntual Preciso: *Natural Resources Canada* (NRCan) de Canadá, Instituto Brasileiro de Cartografía y Estadística (IBGE) de Brasil y Magic-GNSS.

Los organismos que calculan mediante el método PPP para un punto desconocido siguen un mismo flujo de trabajo.

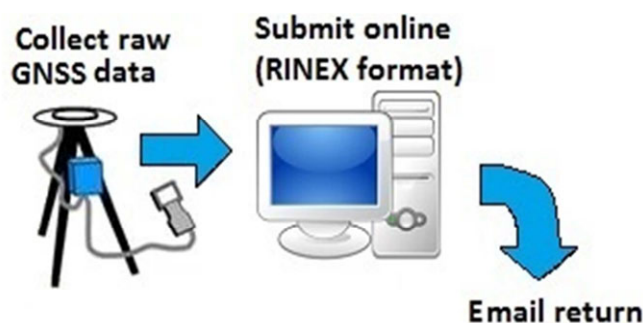


Fig. 35: Flujo de trabajo de los métodos PPP.

- Calculador NRCan: es el organismo que tiene más desarrollado este nuevo método. De los diversos contenidos que ofrece su dirección web, [29], se selecciona CSRS-PPP.

El acceso requiere registrarse incluyendo el tipo de organización a la que se pertenece, un correo electrónico de contacto y una contraseña.

The screenshot shows the 'Create an account' page on the NRCan website. The left sidebar contains a navigation menu with categories: Earth Sciences, Sciences, Geomatics, Geography, and Earth Sciences Resources. Under Geomatics, 'Geodetic Reference Systems' is selected. The main content area has the title 'Create an account' and a note 'Required fields are marked with a *'. The form includes fields for Email, Password (between 5 and 32 characters), Confirm password, Organization Type (set to 'University'), Country or Territory (set to 'Spain'), and Province (Canada only) (set to 'Alberta'). A 'Submit' button is at the bottom.

Fig. 36: Registro en la página NRCan.

The screenshot shows the 'Precise Point Positioning' (PPP) processing page on the NRCan website. The left sidebar is the same as in Fig. 36, with 'Tools and Applications' selected, and 'PPP' chosen. The main content area is titled 'Precise Point Positioning' and includes a link to 'Help for CSRS PPP (Updated 2014-03-07)'. The form has fields for 'Email for results (required)', 'Processing mode' (with radio buttons for 'Static' and 'Kinematic'), 'NAD83' and 'ITRF' checkboxes, 'Vertical datum' (a dropdown menu showing 'CGDV28(HT2_0)', 'CGDV28(HT2_0)', and 'CGVD2013'), and 'RINEX observation file (required)' (with a file selection button and the filename 'solo11_0.14o'). A 'Submit to PPP' button is at the bottom.

Fig. 37: Procesamiento PPP en la página de NRCan.

El resultado del procesado de los datos se presenta en formato “*.pdf” a través de correo electrónico.

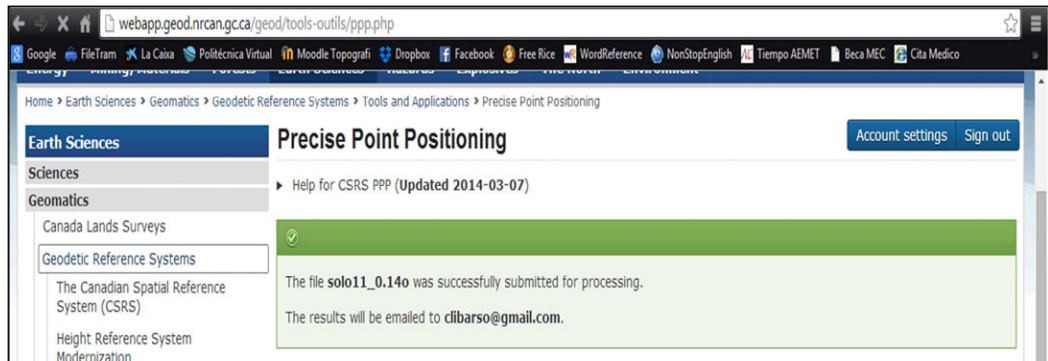


Fig. 38: Confirmación de operación aceptada.

- Calculador IBGE: desde la página web del Instituto Brasileiro de Cartografía y Estadística, [30], se procede a enviar los datos del vértice 11 en formato RINEX para su tratamiento. Se debe indicar qué modo de procesamiento realizar (estático o cinemático), el tipo de antena, la referencia de la altura de la antena (si no fuera la que el fabricante recomienda) y un correo electrónico de contacto.

The screenshot shows the IBGE PPP web form. At the top, there is a banner with the IBGE logo and the text 'ORDEM E PROGRESSO'. Below the banner, there is a section titled 'Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)'. A warning message in Portuguese states: '!!ALERTA!! Os resultados obtidos pelos usuários entre os dias 14/01/2014 e 27/01/2014 estão incompletos ou incorretos. !!ALERTA!! Recomenda-se que os usuários refaçam os processamentos que foram realizados durante este período. !!ALERTA!!'. The form includes several input fields: 'Coloque o código da estação que está estampado na chapa do marco: (por exemplo: 1120R)' with a text box; 'Selecione um arquivo RINEX:' with a file selection button and the file 'solo11_0.14o' selected; 'Selecione o Modo de Processamento:' with radio buttons for 'Estático' (selected) and 'Cinemático'; 'Tipo de Antena:' with a dropdown menu showing 'LEIAX1202 NONE'; 'Altura da antena (m):' with a text box showing '0.000' and a checkbox for 'O valor para altura da antena somente será adotado se esta caixa estiver marcada.'; and 'E-mail válido, para onde será enviada a resposta.' with a text box and a 'Processar' button. A note at the bottom states: 'Nota: O processamento iniciará após a transferência do arquivo, o que pode demorar alguns minutos. Caso o resultado não seja enviado em 24 horas, por favor reprocesse.'

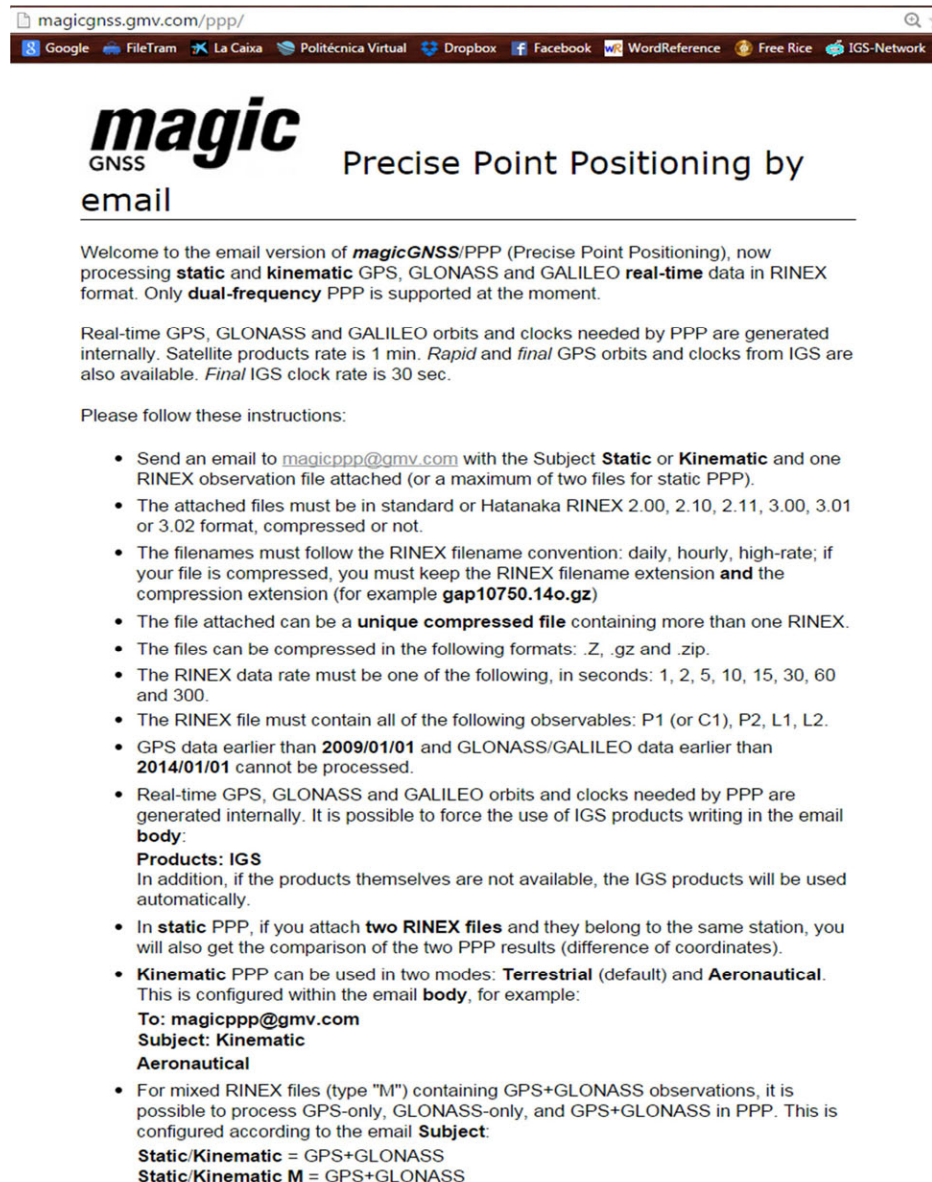
Fig. 39: Procesado con el método PPP a través del IBGE.

Confirmando que el envío ha sido realizado correctamente, los resultados son enviados a la dirección de correo electrónico proporcionada en formato “*.pdf” y “*.txt”.



Fig. 40: Confirmação de proceso realizado correctamente.

- Calculador Magic-GNSS: el acceso al servicio se realiza a través de un correo electrónico que se encuentra en la página web del calculador, [31]. Las instrucciones de uso se muestran en la dirección web indicada precisando cómo se realiza el tratamiento de los datos y los formatos que acepta.



The screenshot shows the website magicgnss.gmv.com/ppp/. The header includes the **magic** logo and the text "GNSS Precise Point Positioning by email". The main content area welcomes users to the email version of the service, which processes static and kinematic GPS, GLONASS, and GALILEO real-time data in RINEX format. It mentions that only dual-frequency PPP is supported at the moment. The text explains that real-time GPS, GLONASS, and GALILEO orbits and clocks are generated internally, with a 1-minute satellite product rate. Rapid and final GPS orbits and clocks from IGS are also available, with a 30-second final IGS clock rate. Instructions for users are provided, including sending an email to magicppp@gmv.com with the subject "Static or Kinematic" and one RINEX observation file attached. The instructions specify file formats (RINEX 2.00, 2.10, 2.11, 3.00, 3.01, or 3.02), compression, and naming conventions (e.g., **gap10750.14o.gz**). It also lists supported RINEX data rates (1, 2, 5, 10, 15, 30, 60, and 300 seconds) and observables (P1, P2, L1, L2). A note states that GPS data earlier than 2009/01/01 and GLONASS/GALILEO data earlier than 2014/01/01 cannot be processed. The text mentions that real-time GPS, GLONASS, and GALILEO orbits and clocks are generated internally, and it is possible to force the use of IGS products by writing in the email body. A section titled "Products: IGS" explains that if the products themselves are not available, the IGS products will be used automatically. It also notes that in static PPP, if two RINEX files are attached and belong to the same station, the comparison of the two PPP results (difference of coordinates) will be provided. For kinematic PPP, two modes are supported: Terrestrial (default) and Aeronautical. The email body should be configured with the subject "Static/Kinematic" and "Aeronautical". A note mentions that for mixed RINEX files (type "M") containing GPS+GLONASS observations, it is possible to process GPS-only, GLONASS-only, and GPS+GLONASS in PPP. This is configured according to the email subject: "Static/Kinematic = GPS+GLONASS" and "Static/Kinematic M = GPS+GLONASS".

Fig. 41: Extracto del servicio de tratamiento de datos PPP de Magic-GNSS.

El informe del resultado obtenido se recibe en formato “*.pdf” y las coordenadas en archivos “*.txt”.

1.2.4 Cálculos on-line

Existen programas que procesan observaciones GNSS vía internet. La información requerida por dichos programas son las observaciones realizadas en formato estándar RINEX.

En este TFG se han explorado dos calculadores on-line: *Online Positioning User Service* (OPUS) y *Post-processing* de Trimble. Mediante ambos calculadores se pretende hallar las coordenadas del punto 11 de la red fundamental.

- **Calculador OPUS:**

Esta posibilidad la ofrece *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), agencia científica estadounidense que ofrece la posibilidad del cálculo en post-proceso a través de su página web, [27].

La observación GNSS se envía en formato RINEX indicando el tipo de antena, la referencia tomada para la altura de antena (si no fuera la recomendada por el fabricante) y un correo electrónico donde envían los resultados.

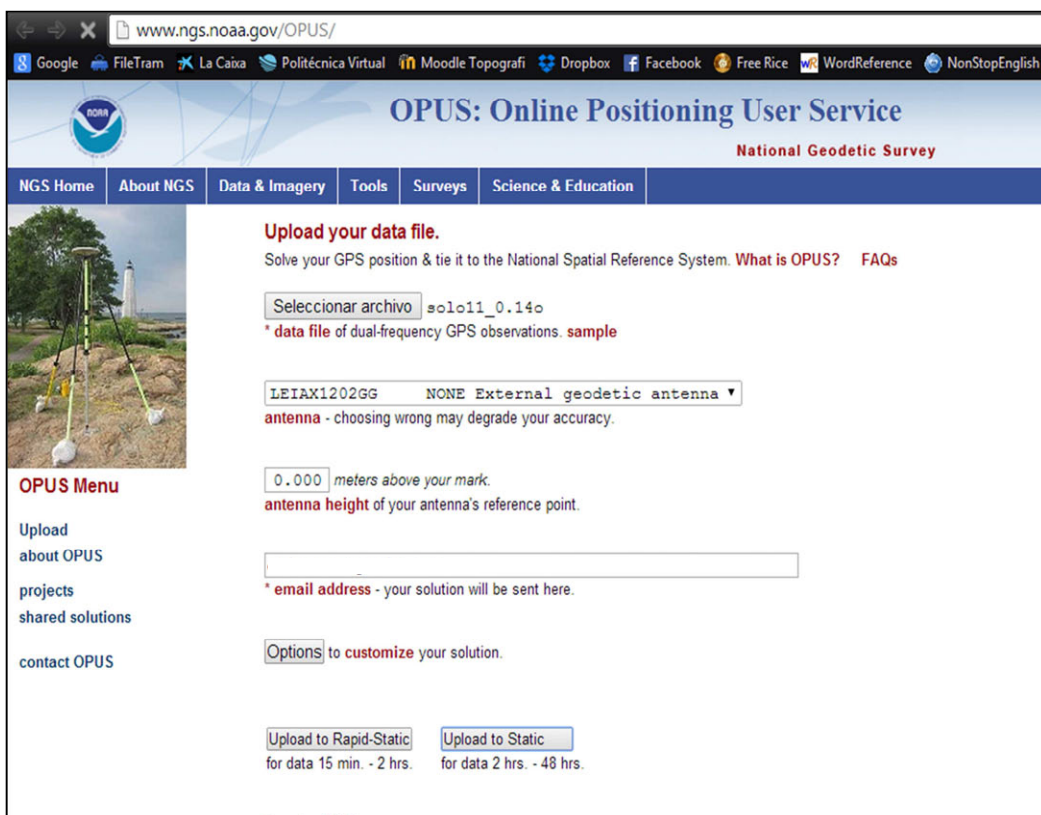
The image shows a screenshot of the OPUS (Online Positioning User Service) website. The browser address bar shows 'www.ngs.noaa.gov/OPUS/'. The website has a blue header with the NOAA logo and the title 'OPUS: Online Positioning User Service' and 'National Geodetic Survey'. Below the header is a navigation menu with links: 'NGS Home', 'About NGS', 'Data & Imagery', 'Tools', 'Surveys', and 'Science & Education'. The main content area is titled 'Upload your data file.' and includes instructions: 'Solve your GPS position & tie it to the National Spatial Reference System. What is OPUS? FAQs'. There are several input fields: 'Seleccionar archivo' with the value 'sol011_0.14o', a dropdown menu for 'antenna' set to 'LEIAX1202GG' with a note 'NONE External geodetic antenna' and a warning 'antenna - choosing wrong may degrade your accuracy.', a text field for 'antenna height' set to '0.000' with a note 'meters above your mark.' and a warning 'antenna height of your antenna's reference point.', and a text field for 'email address' with a note '* email address - your solution will be sent here.'. There are also 'Options' to 'customize your solution.' and two buttons: 'Upload to Rapid-Static' (for data 15 min. - 2 hrs.) and 'Upload to Static' (for data 2 hrs. - 48 hrs.). On the left side, there is an 'OPUS Menu' with links: 'Upload about OPUS', 'projects', 'shared solutions', and 'contact OPUS'. There is also a small image of a GPS antenna on a tripod.

Fig. 42: Calculador OPUS de la NOAA.

En función de qué método se ha empleado para obtener las observaciones se indica el resultado que se desea procesar: estático o estático-rápido.

Finalmente, tras elegir el método de post-proceso, OPUS avisa que el proceso ha sido enviado correctamente y que, con la mayor brevedad posible, los resultados llegarán al correo suministrado.



Fig. 43: Calculador OPUS, carga de información completa y aceptada.

El informe resultante muestra todos los parámetros tenidos en cuenta para calcular y las coordenadas finales ajustadas como se indica en la siguiente figura.

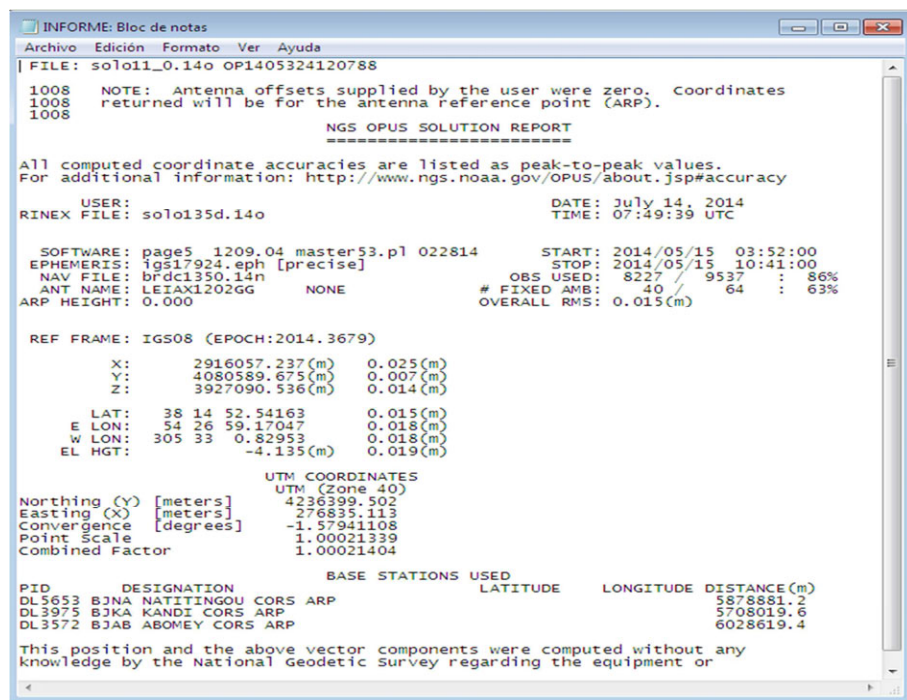


Fig. 44: Informe de resultados del calculador OPUS.

- **Calculador Trimble:**

Trimble tiene un servicio de post-proceso online accesible mediante su página web, [28]. Es un servicio gratuito pero que requiere ser usuario registrado.

En este caso, los datos que necesitan ser completados son el sistema de referencia en el que se quieren los resultados, la placa tectónica en la que están situados los datos y un correo electrónico para el envío de los resultados.

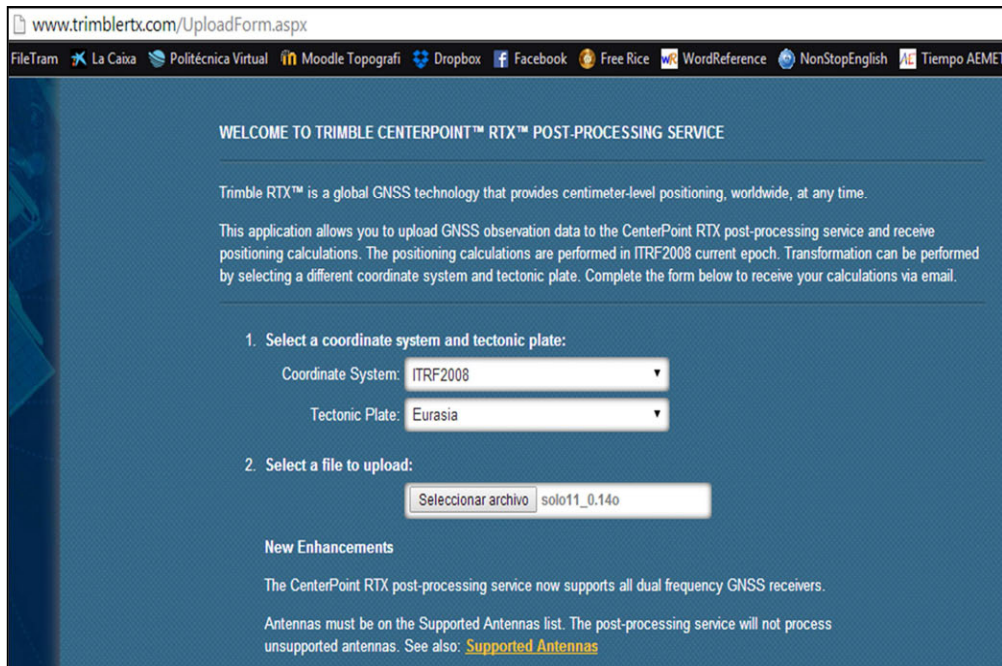
The image is a screenshot of a web browser displaying the 'www.trimblertx.com/UploadForm.aspx' page. The browser's address bar and a toolbar with various icons (FileTram, La Caixa, Politécnica Virtual, Moodle Topografi, Dropbox, Facebook, Free Rice, WordReference, NonStopEnglish, Tiempo AEMET) are visible at the top. The main content area has a dark blue background with white text. It starts with a 'WELCOME TO TRIMBLE CENTERPOINT™ RTX™ POST-PROCESSING SERVICE' heading. Below this, a paragraph describes Trimble RTX as a global GNSS technology for centimeter-level positioning. Another paragraph explains that the application allows uploading GNSS observation data to receive positioning calculations in ITRF2008, with the option to transform to a different coordinate system and tectonic plate. The form consists of two main sections: '1. Select a coordinate system and tectonic plate:' with dropdown menus for 'Coordinate System' (set to ITRF2008) and 'Tectonic Plate' (set to Eurasia); and '2. Select a file to upload:' with a file selection button labeled 'Seleccionar archivo' and a text box containing 'solo11_0.14o'. At the bottom, there is a 'New Enhancements' section stating that the service now supports all dual frequency GNSS receivers and that antennas must be on the 'Supported Antennas' list, with a link to 'Supported Antennas'.

Fig. 45: Calculador online de Trimble.

Un mensaje de confirmación garantiza que el envío ha sido satisfactorio y que el informe de resultados se enviará a la dirección de correo indicada.

El informe recibido es un archivo de extensión “*.pdf” con las coordenadas de la estación 11 con el marco de referencia ITRF08 en la época del marco (2005,0) y en el día de observación (2014,37).

Used Satellites

# Total Satellites:	21
GPS:	G01 G03 G04 G05 G07 G08 G09 G10 G11 G13 G15 G16 G17 G19 G20 G23 G26 G27 G28 G31 G32

Processing Results

ITRF2008 at Epoch 2005.0		
Coordinate	Value	σ
X	2916056.824 m	0.013 m
Y	4080588.729 m	0.011 m
Z	3927089.667 m	0.008 m
Latitude	38° 14' 52.53978" N	0.007 m
Longitude	54° 26' 59.16167" E	0.009 m
El. Height	-5.466 m	0.014 m

ITRF2008 at Epoch 2014.37		
Coordinate	Value	σ
X	2916056.622 m	0.013 m
Y	4080588.836 m	0.011 m
Z	3927089.706 m	0.008 m
Latitude	38° 14' 52.54140" N	0.007 m
Longitude	54° 26' 59.17099" E	0.009 m
El. Height	-5.466 m	0.014 m

Report Information

Trimble RTX Solution ID:	3860559
Solution Type:	Static
Software Version:	3.3.0.14133
Creation Date:	07/14/2014 08:04:16 UTC

Disclaimer

Trimble Navigation Limited does not guarantee availability, reliability, and performance of the current RTX Post-Processing service and accepts no legal liability arising from, or connected to, the use of information on this document or use of this service.

Fig. 46: Fragmento del informe de resultados del calculador online de Trimble.

1.2.5 Bernese

Este software científico procesa datos GNSS. Las ventajas de este programa es que permite fijar ambigüedades con líneas base muy largas y, además, utilizar observaciones tanto GPS como GLONASS para procesar y calcular, [32].

El programa Bernese se administra mediante una estructura de carpetas en las cuales se disponen tanto los datos originales de campo como toda aquella información necesaria para el cálculo, [33].

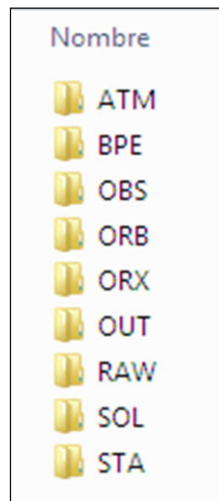


Fig. 47: Estructura de carpetas.

A continuación, se detalla el contenido de cada una de las carpetas:

- ATM: contiene el modelo de ionosfera con extensión “*.ION”. Los datos ionosféricos son variables en función del día, por lo tanto, en esta carpeta habrá tantos archivos “*.ION” como días a procesar.
- BPE: se almacenan los errores que genere el programa durante el procesado de datos.
- OBS: como en el caso anterior, esta carpeta se rellena una vez que se van procesando los datos.
- ORB: se añaden las efemérides precisas con extensión “*.sp3”, el movimiento del polo y parámetros de orientación de la Tierra en formato “*.IEP” o “*.ERP” y los sesgos instrumentales de los satélites y del receptor con formato “*.DCB”. Los parámetros de orientación son semanales y los sesgos son mensuales.
- ORX: aquí se añaden los archivos RINEX de la observación y los datos de las estaciones fijas. La nomenclatura debe ser en mayúsculas y con un formato determinado, [14]. El código de la estación debe ser el mismo que aparezca en la cabecera del archivo RINEX para que Bernese lo localice cuando esté calculando.
- OUT: archivo de los relojes de los satélites y de las estaciones IGS indicando la semana GPS y el día de la semana (del 0 a 6). La extensión de estos archivos es “*.clk”.
- RAW: archivo del sistema.
- SOL: archivo del sistema.
- STA: contiene las cargas oceánicas en formato “*.BLQ”, las velocidades de las estaciones, “*.VEL”, la placa tectónica donde se sitúan, “*.PLD”, y las coordenadas aproximadas de las estaciones fijas con formato “*.CRD”. Si se tuviera, un archivo “*.SIG” donde indicar constreñimientos de las estaciones.

El cálculo se inicia proporcionando las coordenadas aproximadas del vértice 11 de la red fundamental. Existen siete sesiones de observaciones originales. Se debe calcular las coordenadas

aproximadas para cada una de esas sesiones de observación. Aparecen fallos de cálculo por las observaciones de GLONASS y fueron descartadas, como sucedió con LGO.

A continuación, se calcula la solución de la red fundamental. Para ello, y según indica el manual [32], se elige como criterio para crear líneas base el modo “STAR” que consiste en establecerlas de forma radial desde el vértice 11 hacia cada una de las estaciones fijas del IGS elegidas (KIT3, TAHS, URUM, ISTA, ZECK y KHAR). Este proceso se repite para cada una de las sesiones y se confirma que el programa ha resuelto ambigüedades. Los resultados se registran en la carpeta “SOL”.

En este momento es necesario unir los cálculos de las diferentes sesiones. Se obtienen coordenadas (este, norte, altura ortométrica) y los resultados se muestran en el fichero “BRTK_COMP.SUM” de la carpeta “OUT”. Seguidamente, se realiza un ajuste de las observaciones realizadas en campo durante la sesión intermedia (día GPS 140). El archivo “FIN1400.SINX” de la carpeta “SOL” contiene los resultados y pasos del ajuste. Los archivos “FIN1400.OUT” y “FIN1400.SUM” de la carpeta “OUT” contiene las coordenadas ajustadas finales para el vértice 11 y la repetibilidad de la solución.

```

1
2 SESSION 141390: Combination of daily solutions
3 -----
4 Total number of stations:    7
5 -----
6
7 Station      #Days  Weekday  Repeatability (mm)
8              0123456      N      E      U
9 -----
10 11__ 11__      7  XXXXXXXX  32.16  20.50  4.84
11 ISTA 20807M001  7  XXXXXXXX   0.01   0.05   0.00
12 KHAR 12314M001  7  XXXXXXXX   0.03   0.02   0.00
13 KIT3 12334M001  7  XXXXXXXX   0.01   0.08   0.01
14 TASH 12327M001  7  XXXXXXXX   0.02   0.01   0.01
15 URUM 21612M001  7  XXXXXXXX   0.05   0.04   0.01
16 ZECK 12351M001  7  XXXXXXXX   0.01   0.04   0.00
17 -----
18 Total              49              12.15   7.75   1.83
19 -----

```

Fig. 48: Resultados de la repetibilidad de la solución con Bernese.

1.3. BALANCE DE LOS PROGRAMAS UTILIZADOS

LGO tiene, como ya se ha comentado, el inconveniente de necesitar estaciones fijas cercanas, a menos de 500 km de distancia, para poder fijar ambigüedades y ofrecer resultados con la suficiente exactitud. LGO no procesa observaciones mixtas de forma adecuada.

Los métodos investigados de PPP parecen ser potentes pero, puesto que están en desarrollo, no se conoce aún su alcance o los posibles defectos o inconvenientes. Por otro lado, no son programas que permitan controlar el procesamiento de datos ya que el usuario no tiene un informe exhaustivo de cómo se ha llevado a cabo, salvo en el caso de Magic-GNSS.

Por otra parte, los calculadores online, como OPUS y Trimble, adolecen de lo mismo que se ha expuesto anteriormente y, además, al no procesar los datos, no hay posibilidad de modificar parámetros para adecuar cada proyecto a los condicionantes del mismo.

A la vista de los resultados que ofrece el software Bernese, resalta el hecho de que se encuentre mejor precisión en la coordenada altimétrica que en las coordenadas planimétricas. Buscando un mapa de actividad ionosférica de 2014 se entiende que sea así, [26], puesto que la actividad ionosférica superando los 30° de latitud es más débil que en el ecuador.

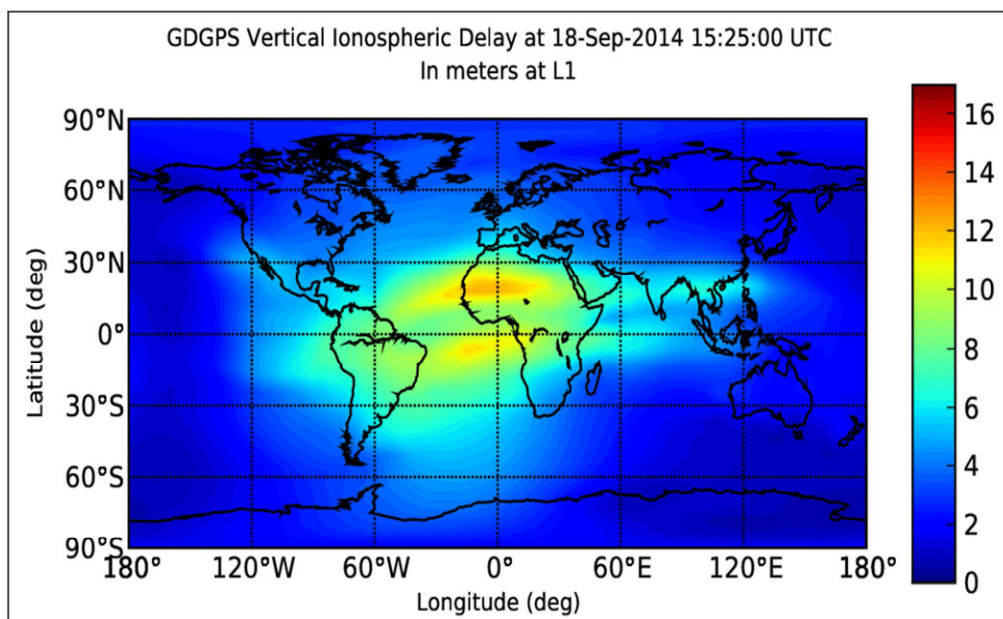


Fig. 49: Mapa de actividad ionosférica. TEC 2014.

Después de lo anteriormente expuesto, los resultados obtenidos con el procesamiento mediante Bernese y LGO son satisfactorios en cuanto a exactitud se refiere, además de ser complementarios, es decir, se calculan con un vértice de la red fundamental mediante Bernese y, con esas coordenadas, se propaga la precisión al levantamiento RTK con LGO. Este ensamble de métodos extiende las posibilidades de ambos programas y hace posible un abanico de aplicaciones.

De igual forma, el resto de métodos expuestos quedan como posibles futuros trabajos, siempre y cuando los condicionantes de cada proyecto lo hagan posible.

La comparativa de resultados puede consultarse en el apartado 8.1 *Red fundamental* del *Documento 1: Memoria*.

2. MODELO DEL GEOIDE

2.1. PREPARACIÓN DE LOS DATOS

La existencia de un modelo del geoide particularizado en Turkmenistán a través de algún organismo gubernamental local no es posible; por ello, se considera buscar un modelo adecuado para la zona.

Con el programa Geoids, disponible en internet, se puede conocer el valor de la ondulación del geoide; en este caso (Turkmenistán), es de aproximadamente veinte metros negativos, [22].

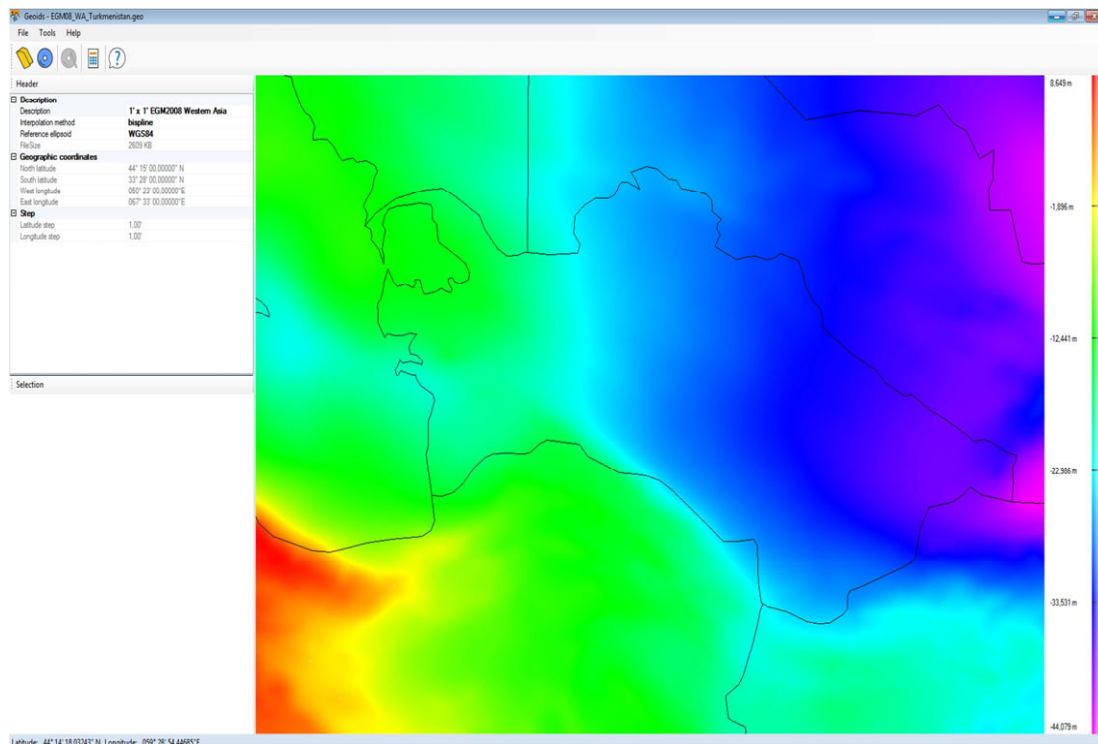


Fig. 50: Modelización del geoide mediante el programa Geoids.

Sin embargo, aunque este programa permite visualizar y obtener una idea general de la ondulación del geoide según la localización, no es posible la extracción de datos del modelo para, posteriormente, utilizarlos en el cálculo. El formato tampoco es aplicable al programa LGO según el

manual, [3]. Por ello, se elige el modelo de geoide *Earth Gravitational Model 2008*, EGM08, ya que se trata de un modelo global relacionado con el elipsoide WGS84, [34].

A través del programa denominado “interp_2p5min.exe” obtenido de la página web del *National Geospatial-intelligence Agency* (NGA), se puede calcular la ondulación del geoide. Dicho programa permite obtener una particularización del modelo EGM08, mediante una interpolación para una zona de la cual se conocen sus coordenadas geográficas. Para ello, es necesario preparar los datos de observación creando un archivo con las coordenadas geográficas de los puntos del levantamiento sin indicar el número o identificador del punto. Dicho fichero ha de llamarse “INPUT.DAT”.

2.2. OBTENCIÓN DE RESULTADOS

2.2.1 Obtención de ondulaciones de geoide

Para ejecutar el programa “interp_2p5min.exe” es necesario hacerlo desde el símbolo de sistema. A través de la navegación por las carpetas se depura el programa de interpolación, indicando la ruta de localización del fichero de datos “INPUT.DAT”.



```
ca Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
C:\Users\topografia>interp_2p5min.exe

-----
Execution
-----

Input file containing globally gridded values : Und_min2.5x2.5_egm2008_isw=82_WGS84_TideFree_SE

Input file file containing lats and lons of interpolation points : INPUT.DAT

Output file containing lats, lons and interpolated values : OUTPUT.DAT

-----


Statistics of Input Grid: Und_min2.5x2.5_egm2008_isw=82_WGS84_TideFree_SE

      Number of Values      37333440
      Percentage of Area      100.000
      Minimum Value          -106.989
      Latitude of Minimum       4.667
      Longitude of Minimum     78.750
      Maximum Value           85.824
      Latitude of Maximum      -8.417
      Longitude of Maximum     147.375
      Arithmetic Mean          -1.318
      Area-Weighted Mean       -0.463
      Arithmetic RMS           29.273
      Area-Weighted RMS        30.596
      Arithmetic S.Dev.        29.244
      Area-Weighted S.Dev.     30.593

fortl: severe (59): list-directed I/O syntax error, unit 2, file C:\Users\topog
rafia\INPUT.DAT
Image      PC      Routine      Line      Source
interp_2p5min.exe 0040F112 Unknown      Unknown      Unknown
C:\Users\topografia>
```

Fig. 51: Pantalla de símbolo del sistema. Depuración de “interp_2p5min.exe”.

Tras esta operación, se obtiene un archivo denominado “OUTPUT.DAT” que contiene las coordenadas geográficas y su correspondiente ondulación del geoide.



Coordenada	Altura Elipsoidal (h)	Ondulación (N)
38.252596	54.446465	-18.058
38.251464	54.451687	-18.058
38.246210	54.453473	-18.038
38.245347	54.449373	-18.031
38.247927	54.449768	-18.042
38.248142	54.449573	-18.042
38.244827	54.451108	-18.030
38.244989	54.450930	-18.031
38.245137	54.450764	-18.031
38.245287	54.450592	-18.032
38.245465	54.450432	-18.032
38.245610	54.450272	-18.033
38.245743	54.450126	-18.033
38.245923	56.449933	-15.615

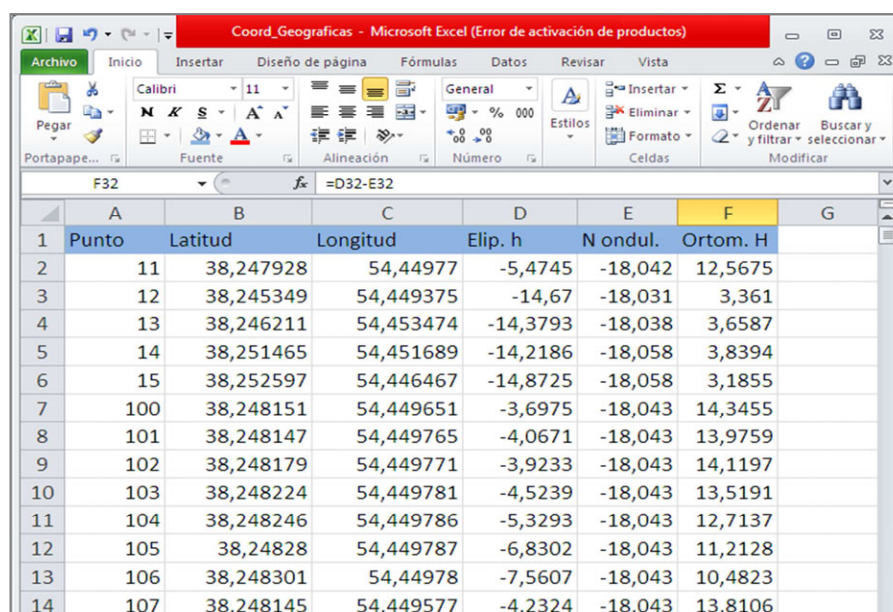
Fig. 52: Fragmento de resultados de "OUTPUT.DAT".

2.2.2 Obtención de alturas ortométricas

Recuperando los identificadores de los puntos y la altura elipsoidal correspondiente a cada uno, se puede establecer una hoja de cálculo que proporciona las alturas ortométricas en función del valor de la ondulación del geoide que aparece en “OUTPUT.DAT”. La fórmula aplicada es:

$$H = h - N$$

Donde H es la altura ortométrica, h es la altura elipsoidal y N es la ondulación del geoide.



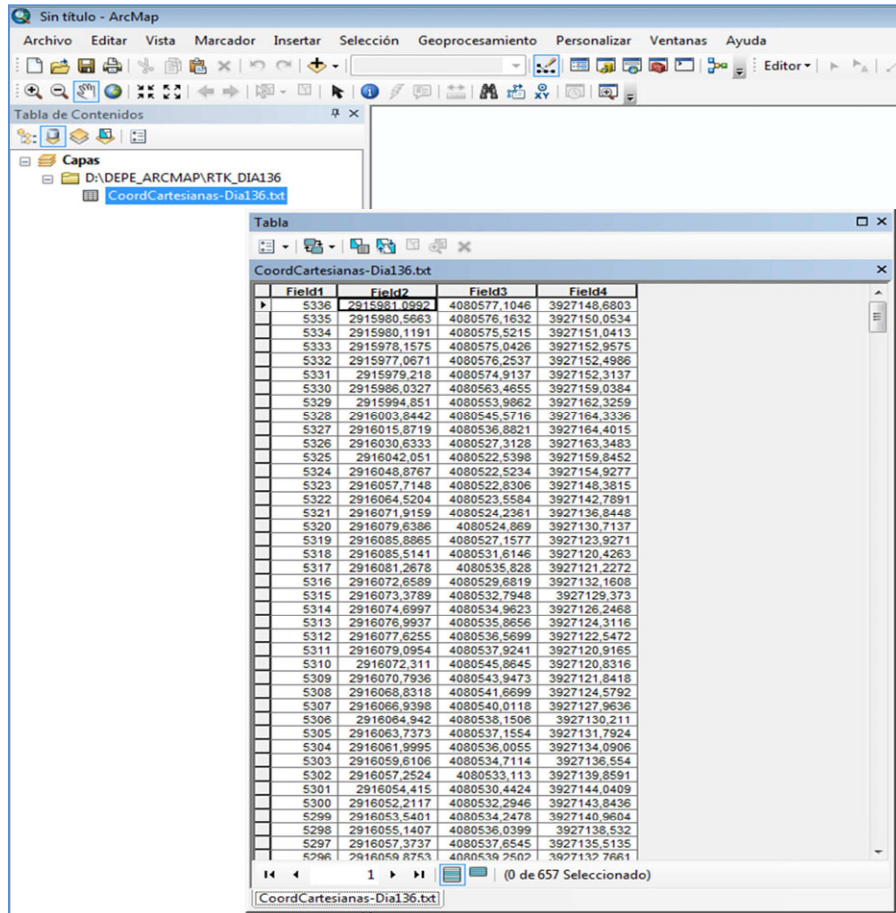
	A	B	C	D	E	F	G
	Punto	Latitud	Longitud	Elip. h	N ondul.	Ortom. H	
2	11	38,247928	54,44977	-5,4745	-18,042	12,5675	
3	12	38,245349	54,449375	-14,67	-18,031	3,361	
4	13	38,246211	54,453474	-14,3793	-18,038	3,6587	
5	14	38,251465	54,451689	-14,2186	-18,058	3,8394	
6	15	38,252597	54,446467	-14,8725	-18,058	3,1855	
7	100	38,248151	54,449651	-3,6975	-18,043	14,3455	
8	101	38,248147	54,449765	-4,0671	-18,043	13,9759	
9	102	38,248179	54,449771	-3,9233	-18,043	14,1197	
10	103	38,248224	54,449781	-4,5239	-18,043	13,5191	
11	104	38,248246	54,449786	-5,3293	-18,043	12,7137	
12	105	38,24828	54,449787	-6,8302	-18,043	11,2128	
13	106	38,248301	54,44978	-7,5607	-18,043	10,4823	
14	107	38,248145	54,449577	-4,2324	-18,043	13,8106	

Fig. 53: Cálculo de alturas ortométricas para los puntos del levantamiento.

3. CURVADO

3.1. TRABAJOS PRELIMINARES

Una vez creado un proyecto nuevo en ArcGIS e indicado el tipo de sistema de coordenadas (WGS84, UTM 40N) para el trabajo, se introducen los datos (mediante fichero de texto), en coordenadas UTM (X, Y y altura ortométrica), sin referencia al huso correspondiente), por lo que, sólo se podrán consultar datos a través de la tabla de atributos del programa.



Field1	Field2	Field3	Field4
5336	2915981.0592	4080577.1046	3927148,6803
5335	2915980.5663	4080576.1632	3927150,0534
5334	2915980.1191	4080575.5215	3927151,0413
5333	2915978.1575	4080575.0426	3927152,9575
5332	2915977.0671	4080576.2537	3927152,4866
5331	2915979.218	4080574.9137	3927152,3137
5330	2915986.0327	4080563.4655	3927159,0384
5329	2915994.851	4080553.9862	3927162,3259
5328	2916003.8442	4080545.5716	3927164,3336
5327	2916015.8719	4080536.8821	3927164,4015
5326	2916030.6333	4080527.3128	3927163,3483
5325	2916042.051	4080522.5398	3927159,8452
5324	2916048.8767	4080522.5234	3927154,9277
5323	2916057.7148	4080522.8306	3927148,3815
5322	2916064.5204	4080523.5584	3927142,7891
5321	2916071.9159	4080524.2361	3927136,8448
5320	2916079.6386	4080524.869	3927130,7137
5319	2916085.8865	4080527.1577	3927123,9271
5318	2916085.5141	4080531.6146	3927120,4263
5317	2916081.2678	4080535.828	3927121,2272
5316	2916072.6589	4080529.6819	3927132,1608
5315	2916073.3789	4080532.7948	3927129,373
5314	2916074.6997	4080534.9623	3927126,2468
5313	2916076.9937	4080535.8656	3927124,3116
5312	2916077.6255	4080536.5699	3927122,5472
5311	2916079.0954	4080537.9241	3927120,9165
5310	2916072.311	4080545.8645	3927120,8316
5309	2916070.7936	4080543.9473	3927121,8418
5308	2916068.8318	4080541.6699	3927124,5792
5307	2916066.9398	4080540.0118	3927127,9636
5306	2916064.942	4080538.1506	3927130,211
5305	2916063.7373	4080537.1554	3927131,7924
5304	2916061.9995	4080536.0055	3927134,0906
5303	2916059.8106	4080534.7114	3927136,554
5302	2916057.2524	4080533.113	3927139,8591
5301	2916054.415	4080530.4424	3927144,0409
5300	2916052.2117	4080532.2946	3927143,8436
5299	2916053.5401	4080534.2478	3927140,9604
5298	2916055.1407	4080536.0399	3927138,532
5297	2916057.3737	4080537.6545	3927135,5135
5296	2916059.8763	4080539.2502	3927132,7861

Fig. 54: Tabla de atributos de ArcGIS.

Mediante la opción “Mostrar datos XY” se proyectan los puntos del levantamiento y de la red fundamental, una vez indicado el sistema de coordenadas deseado.

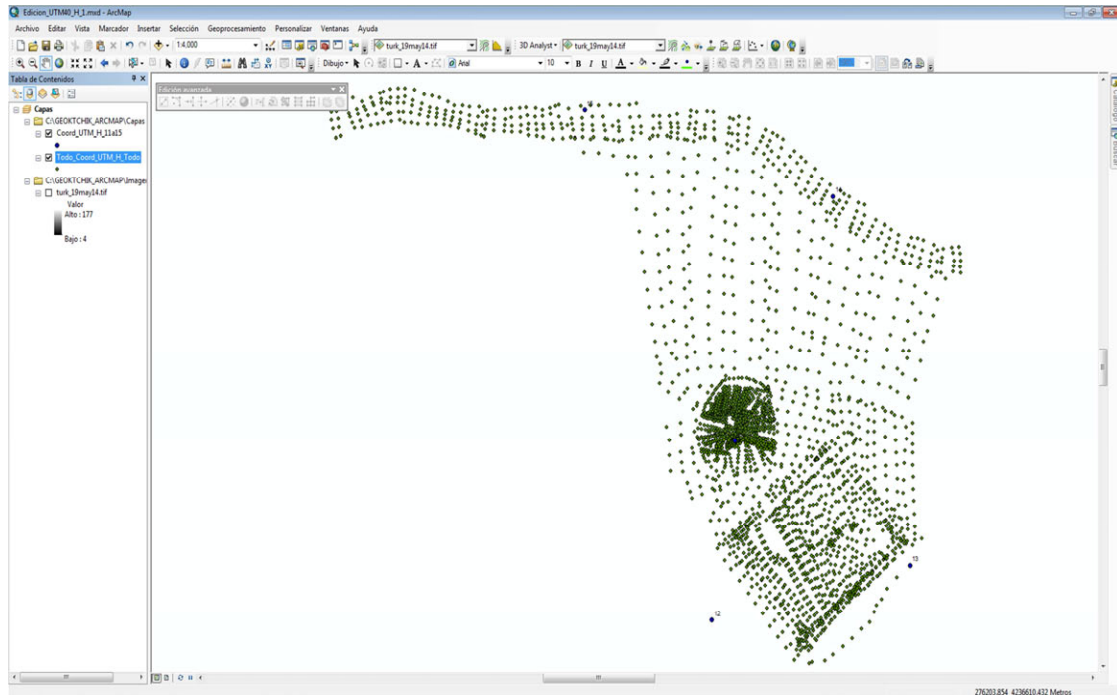


Fig. 55: Proyección de los puntos de campo.

Estos datos se almacenarán en un fichero de formato propietario *shapefile*, de forma que permitirá su análisis posterior. La estructura de los ficheros *shapefile* se muestra en la figura siguiente.

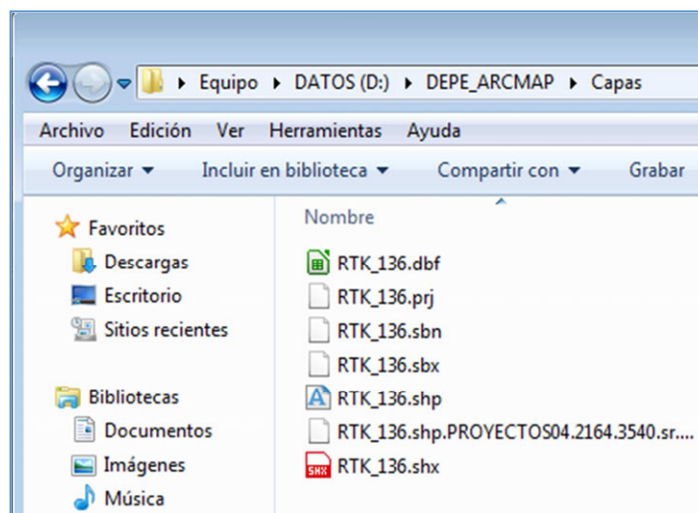


Fig. 56: Estructura de una capa shapefile.

Este proceso se repetirá con cada una de las entidades geográficas que se decida utilizar en el proyecto. Así mismo, se incorpora la imagen de satélite del área de trabajo, que es georreferenciada con los puntos del levantamiento.

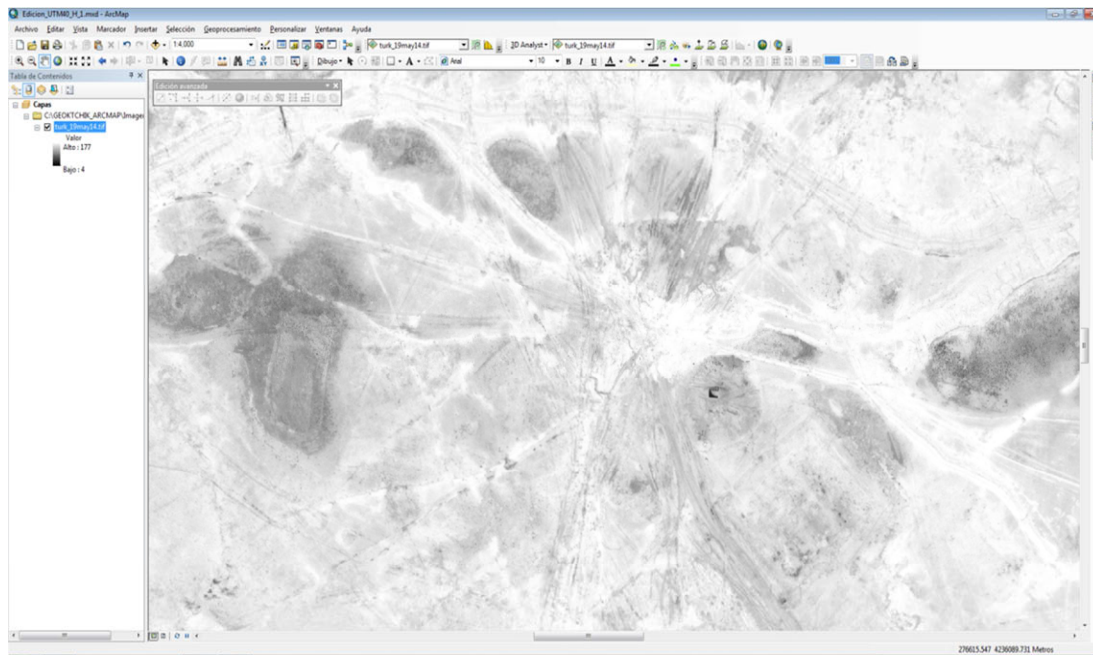


Fig. 57: Imagen satelital añadida en proyecto ArcGIS.

3.2. OBTENCIÓN DE CURVAS DE NIVEL

La generación automática de curvas de nivel (isohipsas) puede realizarse utilizando diferentes programas. Para el TFG se ha elegido comparar los resultados obtenidos entre ArcGIS 10.1 y MDTOPX.

El flujo de trabajo es el mismo en ambos casos. En primer lugar, se calcula una superficie de datos continua mediante la interpolación de los puntos del levantamiento. A continuación, se definen las equidistancias de las curvas de nivel asociadas a dicha superficie. Finalmente, se realiza un suavizado de líneas generadas y se filtra el modelo completo mediante un proceso de control de calidad de los datos creados.

Es de resaltar la importancia que para la creación de un mapa de isolíneas tienen tanto el número de puntos de control (levantamiento) disponibles, como la distribución de los mismos y el modelo de interpolación empleado. Dicha interpolación es el método para inferir valores a todos los puntos de la región, es decir, transformar un conjunto discreto de datos a una variable continua. Los resultados de este proceso han demostrado que la toma de datos, su volumen y distribución han sido los idóneos para este proyecto.

3.2.1 Obtención en ArcGIS

El software ArcGIS está formado por varios programas como, por ejemplo, ArcMap, ArcGlobe o ArcScene. Los ficheros de proyecto y los datos generados en cada uno de ellos son compatibles.

ArcMap crea un modelo tridimensional a partir de los puntos de levantamiento, en formato TIN (*Triangulated Irregular Network*).

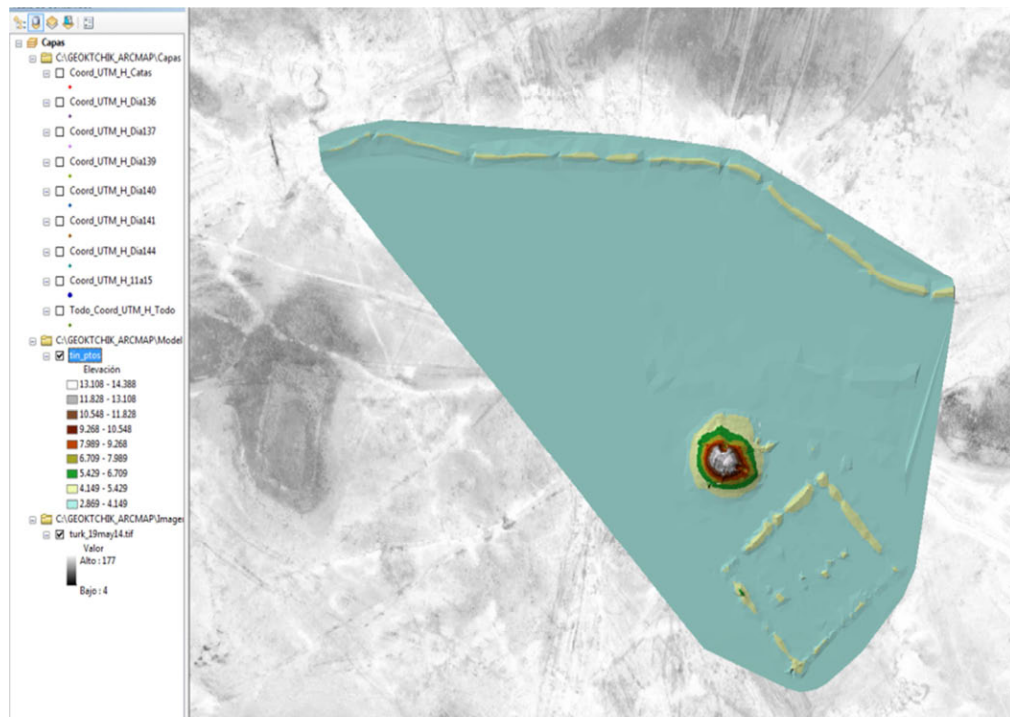


Fig. 58: Modelo TIN de interpolación en ArcGIS creado a partir de los puntos del levantamiento.

El modelo TIN creado se transforma a un modelo ráster, [35], de forma que se agilice el acceso a los datos.

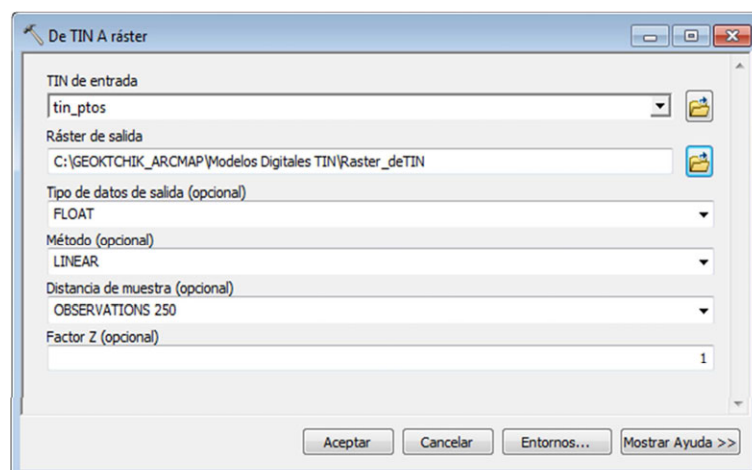


Fig. 59: Conversión de TIN a ráster.

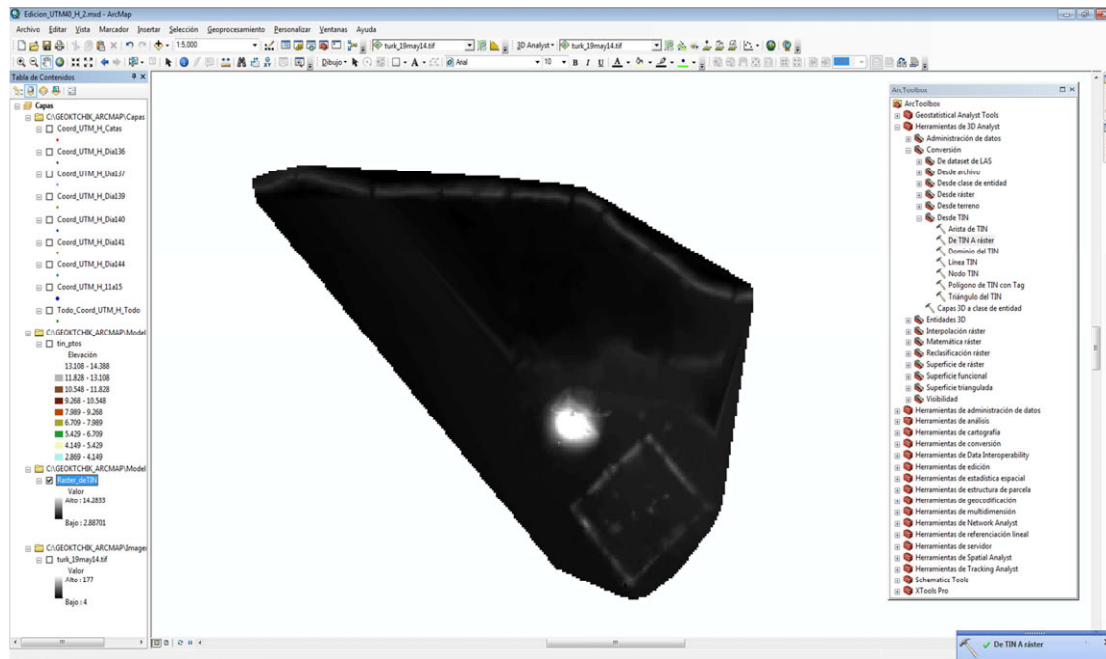


Fig. 60: Transformación del modelo TIN a ráster en ArcMap.

Es a partir de este modelo ráster cuando se generan las isohipsas indicando la equidistancia deseada.

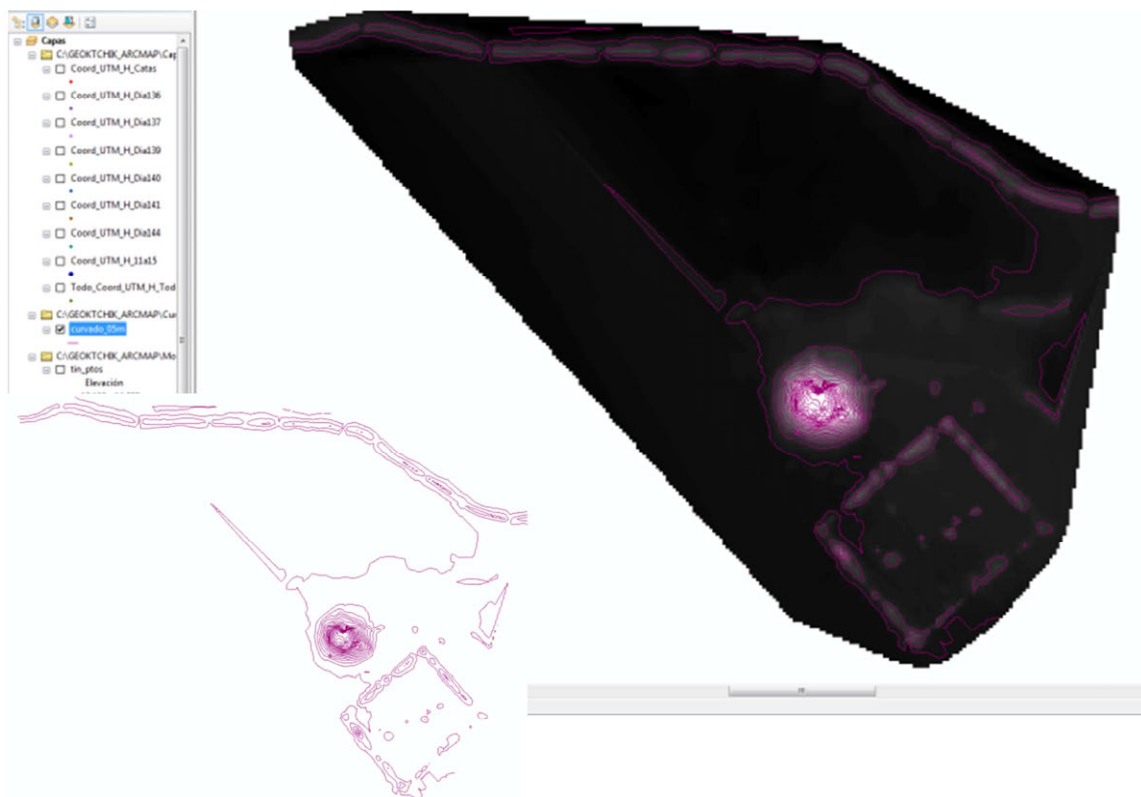


Fig. 61: Curvas de nivel sobre superficie ráster.

3.2.2 Obtención en MDTop

Los datos del levantamiento se incorporan al proyecto en formato “*.dxf” y se realiza una triangulación.

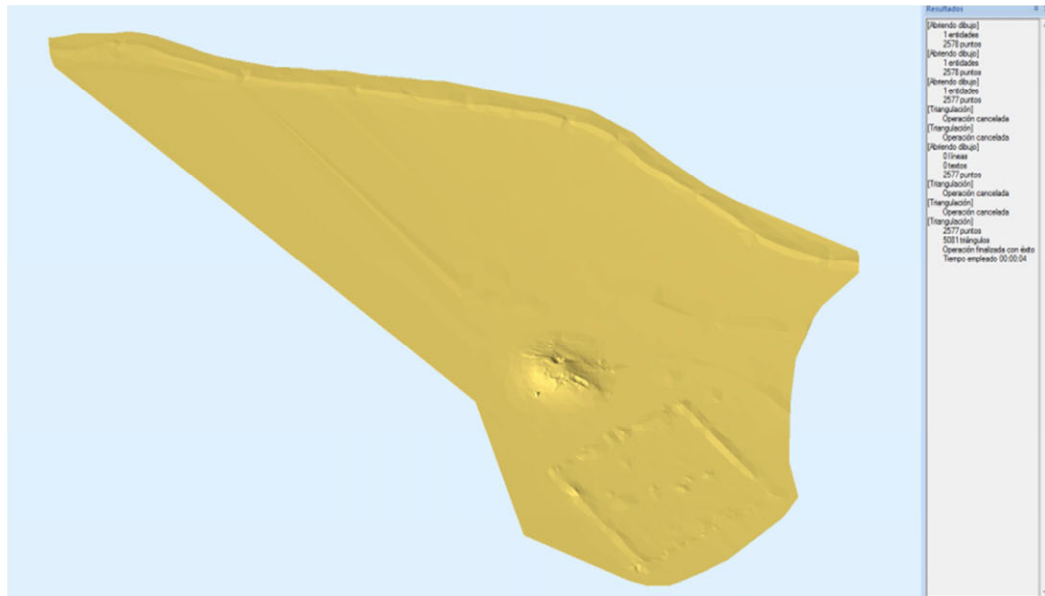


Fig. 62: Triangulación de los puntos de levantamiento en MDTopX.

A partir de este modelo 3D se realiza el curvado con los parámetros deseados de equidistancia y escala del mapa.

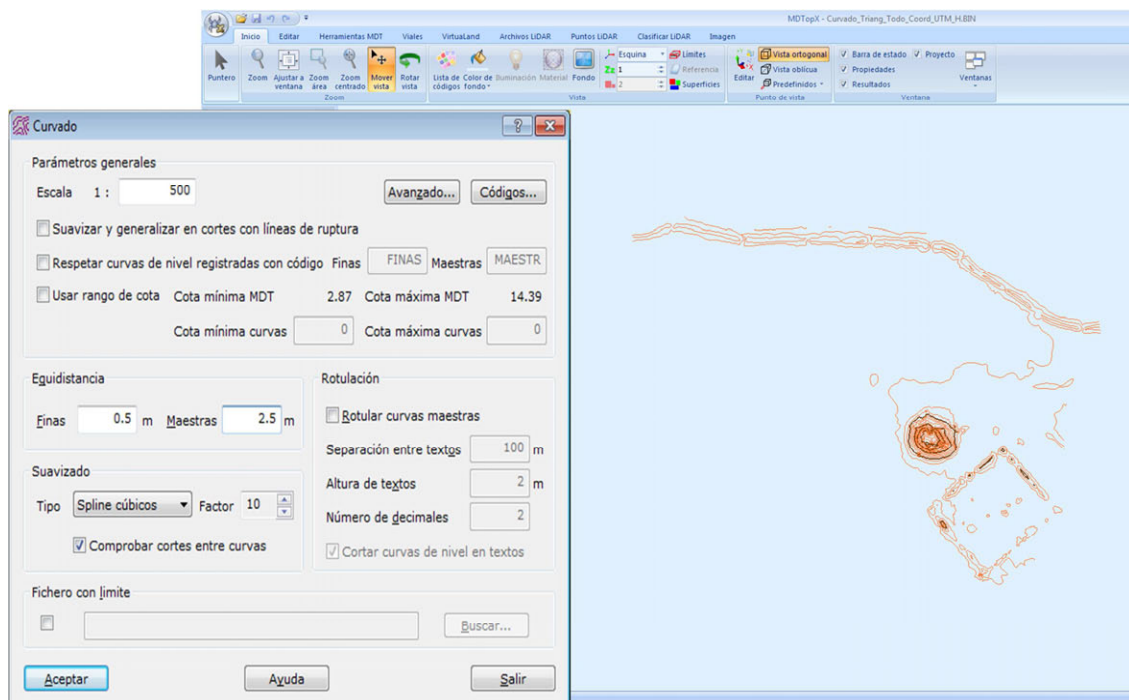


Fig. 63: Curvas de nivel con el programa MDTopX.

La obtención del curvado mediante MDTop incluye, de manera automática, el suavizado de las líneas.

El resultado es un archivo de extensión “*.dxf” que podrá ser visualizado en ArcGIS.

3.2.3 Comparación del curvado en ArcGIS y MDTop

A continuación se presentan ambos curvados superpuestos: ArcMap, en rosa, y MDTop, en azul.

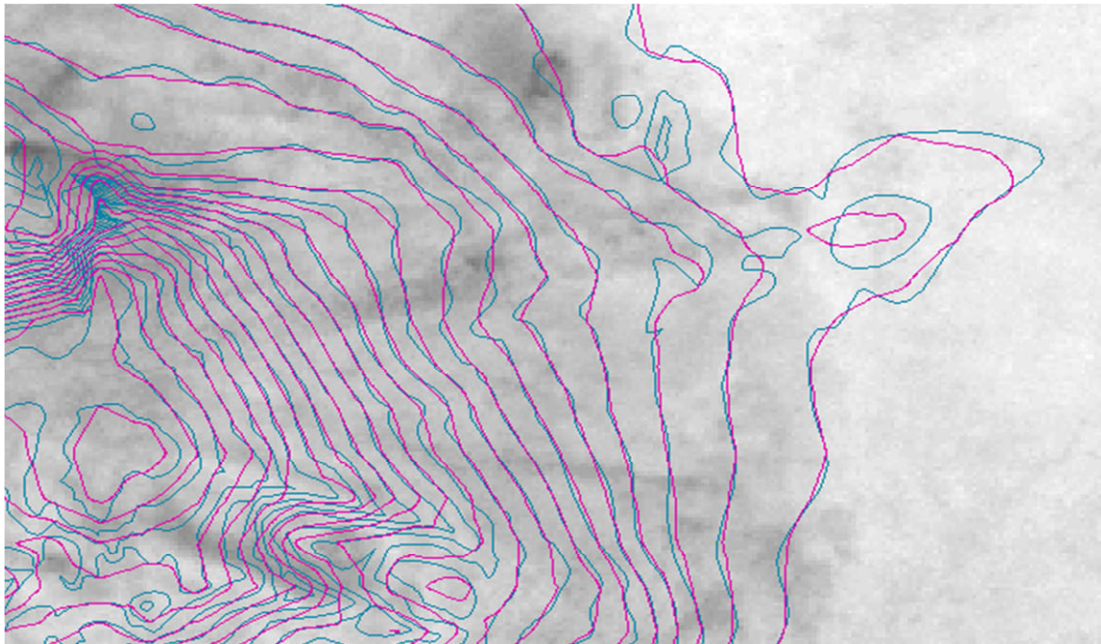


Fig. 64: Comparación de curvados de ArcMap y MDTop.

Los resultados denotan diferencias considerables entre ambos curvados, teniendo el generado en ArcMap, aún sin estar todavía suavizado, un aspecto más natural que el de MDTop.

3.3. EDICIÓN DEL CURVADO

La edición de las curvas de nivel con ArcMap es muy flexible, de manera que permite diferentes grados de edición en función de los parámetros y condiciones que se introduzcan en el sistema.

Tanto el curvado con equidistancia de cincuenta centímetros (para escalas 1/1000 y 1/500) como el curvado de veinticinco centímetros (escala 1/250) se realiza con el mismo procedimiento.

3.3.1 Suavizado de líneas

La edición del curvado se realiza mediante la aplicación de dos algoritmos de suavizado de líneas. Posteriormente, se realiza una edición manual, que constituirá el control de calidad.

El software realiza dos tipos de suavizado, que se aplican sucesivamente. El primer algoritmo se denomina "PAEK", y su función es eliminar vértices innecesarios existentes en las curvas de nivel creadas. A continuación, se aplica el algoritmo "BEZIER_INTERPOLATION" que ajusta la curva de nivel según una curva spline.

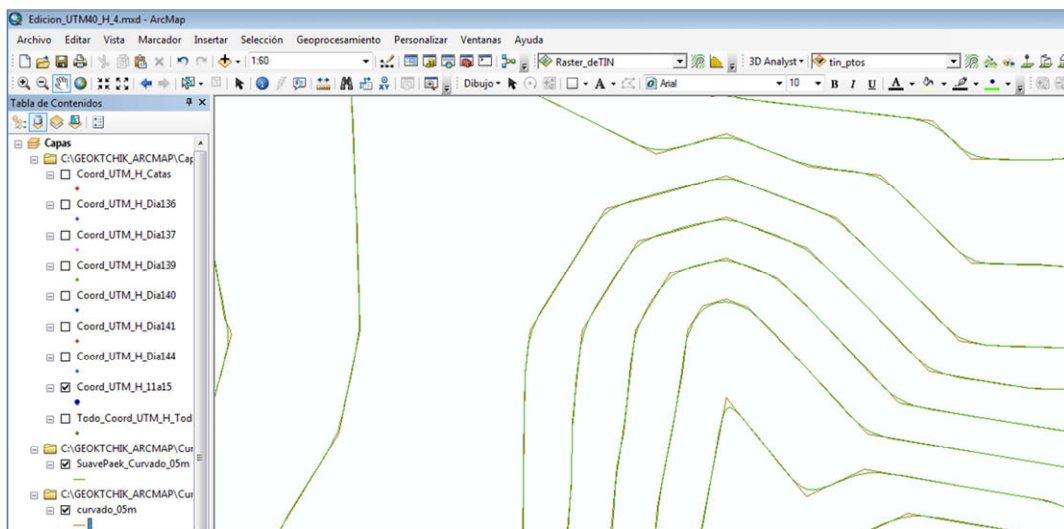


Fig. 65: Suavizado del curvado, en verde, sobre curvado sin suavizar, en rojo.

3.3.2 Cortes por estructuras

Puesto que el contorno de la estructura de adobe del depe se ha levantado con exactitud en campo, la georreferenciación de la imagen satélite se ha realizado con dichos puntos.

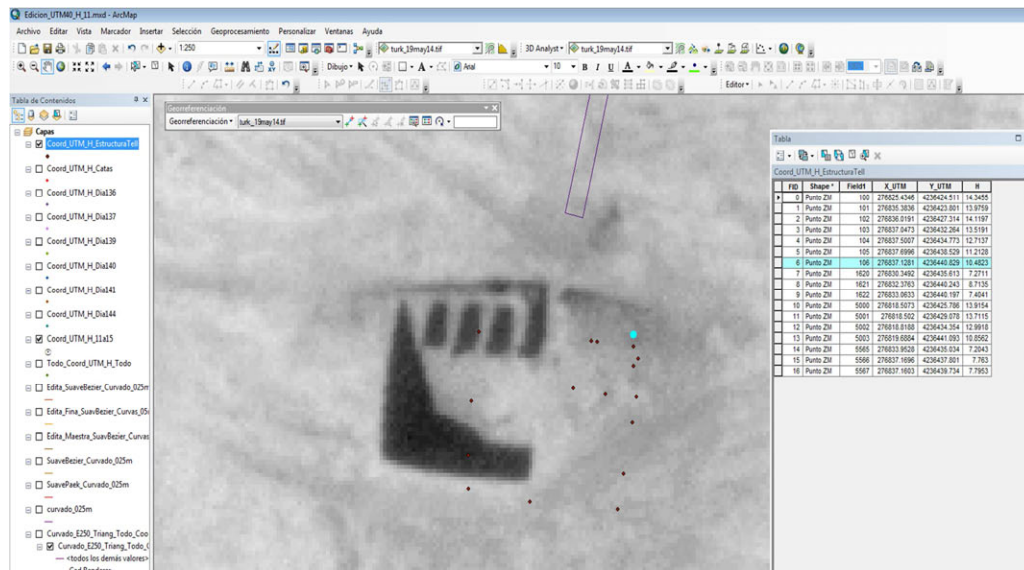


Fig. 66: Imagen antes de la georreferenciación.

Por convenio, las curvas de nivel nunca se cortan o interrumpen a menos que exista una modificación humana en el entorno, [38]. De acuerdo con ello, la estructura de adobe del depe es una construcción humana y, en consecuencia, las curvas de nivel deben quedar cortadas en él. Para ello, se dibuja el contorno de la estructura y se edita el curvado, modificándolo de tal manera que cartográficamente represente el terreno de la forma más real posible. La estructura provoca un corte brusco de las curvas de nivel, como puede apreciarse en la siguiente imagen:

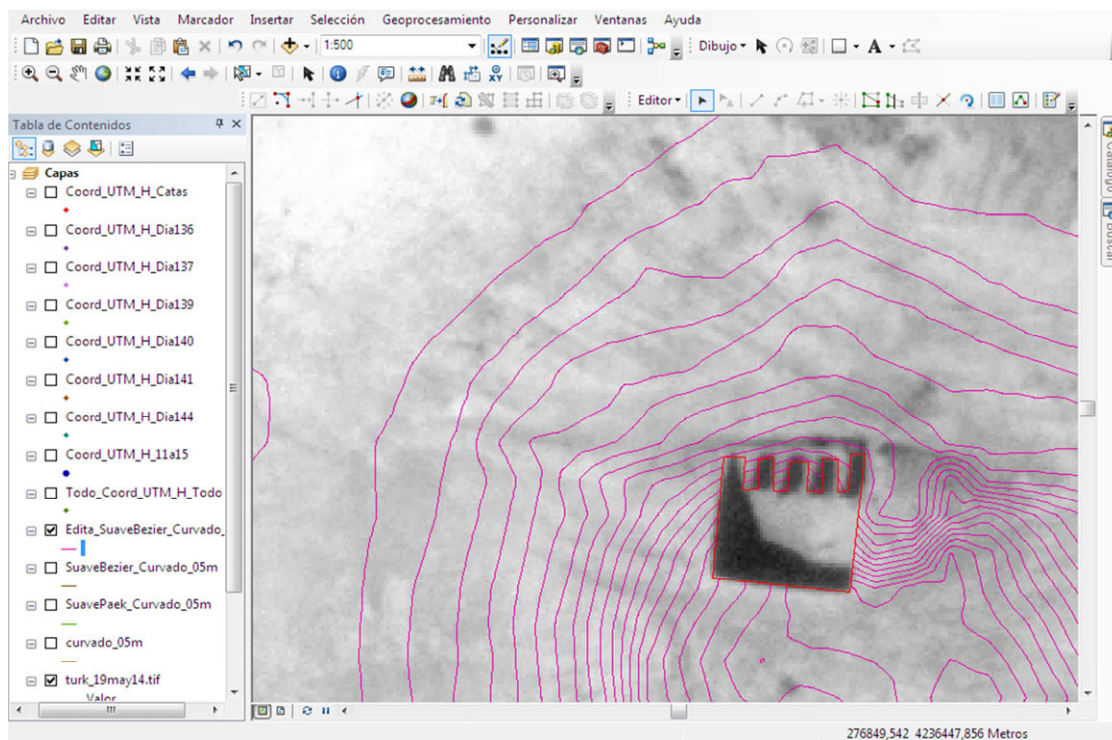


Fig. 67: Edición de isohipsas debido a la estructura del depe.

3.3.3 Dibujo de las catas arqueológicas

Para la representación de las catas arqueológicas, se crea en ArcMap una capa donde se definirán los polígonos que las constituyen.

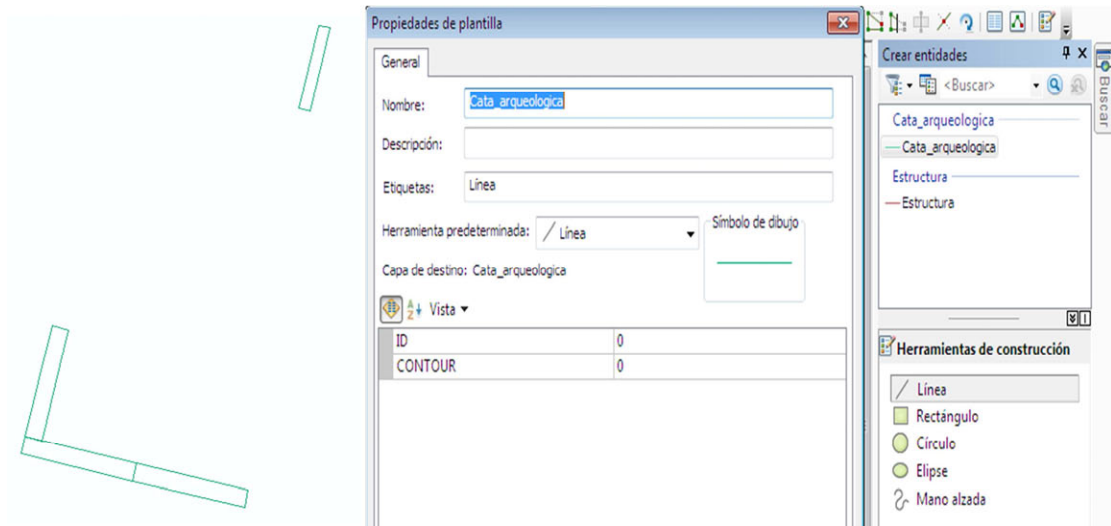


Fig. 68: Creación de las catas arqueológicas.

Se simbolizan con una línea discontinua. En este caso, a pesar de ser una zona modificada por ser humano, no se cortan las curvas de nivel, como se hizo en el depe, ya que tras el trabajo arqueológico se vuelve a rellenar de arena lo excavado, para su protección y conservación.

3.3.4 Control de calidad del curvado. Soluciones aplicadas

A continuación, se realiza una edición manual de los dos curvados obtenidos, tanto el de equidistancia de cincuenta centímetros como el de veinticinco centímetros. El objetivo de esta edición es pasar un control de calidad del curvado, es decir, corregir defectos de la obtención automatizada de las isohipsas. Estos defectos son, entre otros, curvas con ángulos muy agudos, curvas mal definidas o líneas incompletas.

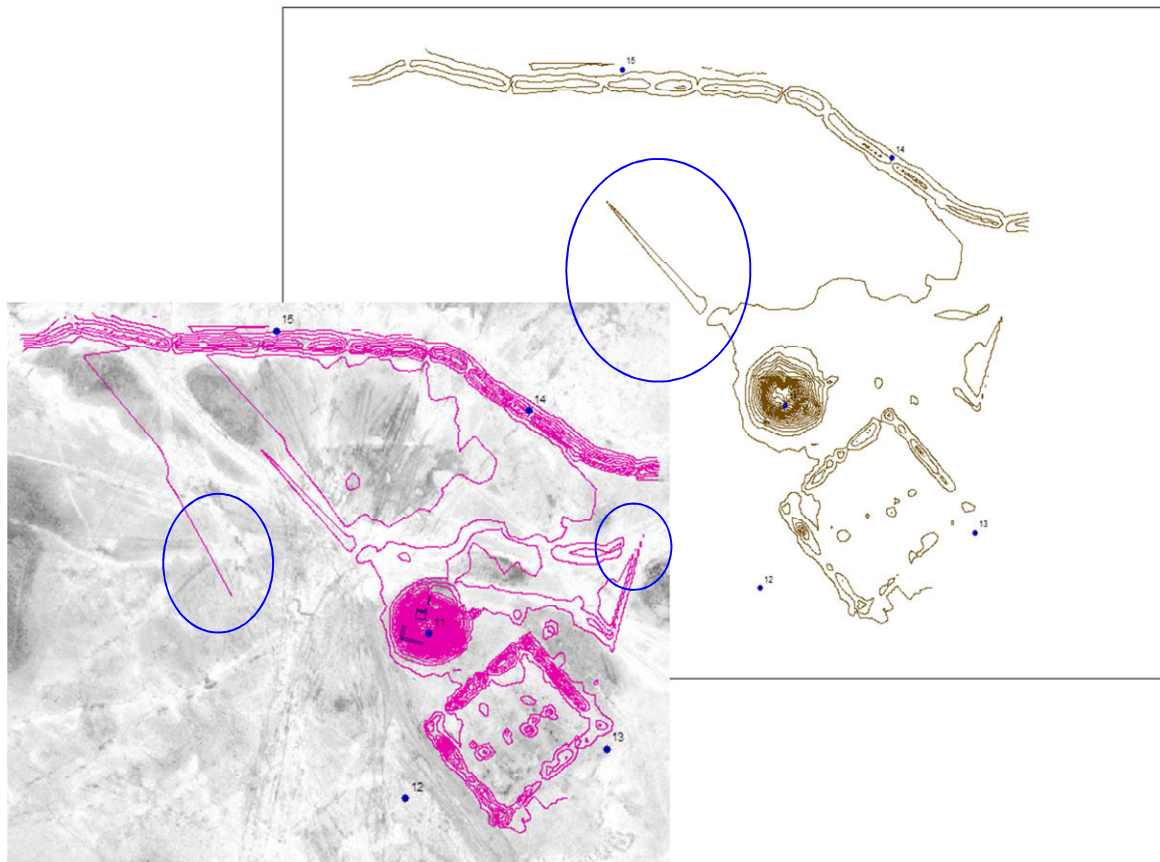


Fig. 69: Control de calidad de los curvados.

Tras la edición manual, se determinan las curvas directoras o maestras, una cada cinco curvas de nivel. En esta fase, también se establecen las etiquetas que numeran las curvas maestras. El curvado de cincuenta centímetros establece las curvas maestras cada dos metros y medio. El curvado de veinticinco centímetros tiene sus directoras cada metro con veinticinco centímetros. Además, se separan en dos capas de datos diferentes, de forma que permita su representación diferenciada.

Para completar al curvado, se definen los puntos de altitud conocida. Esta operación es especialmente relevante en las zonas llanas, para suplir la escasez, e incluso, la ausencia de curvas de nivel.

Esta operación se realiza a partir del ráster creado procedente del modelo TIN. Al ser un modelo continuo, se puede obtener el valor de la altura en cualquier parte del modelo. De esta manera es posible situar puntos en las zonas llanas, en las que la equidistancia de curvas y la morfología del terreno no queda representada por curvas de nivel. Se fija la precisión en dos cifras decimales (centímetro).

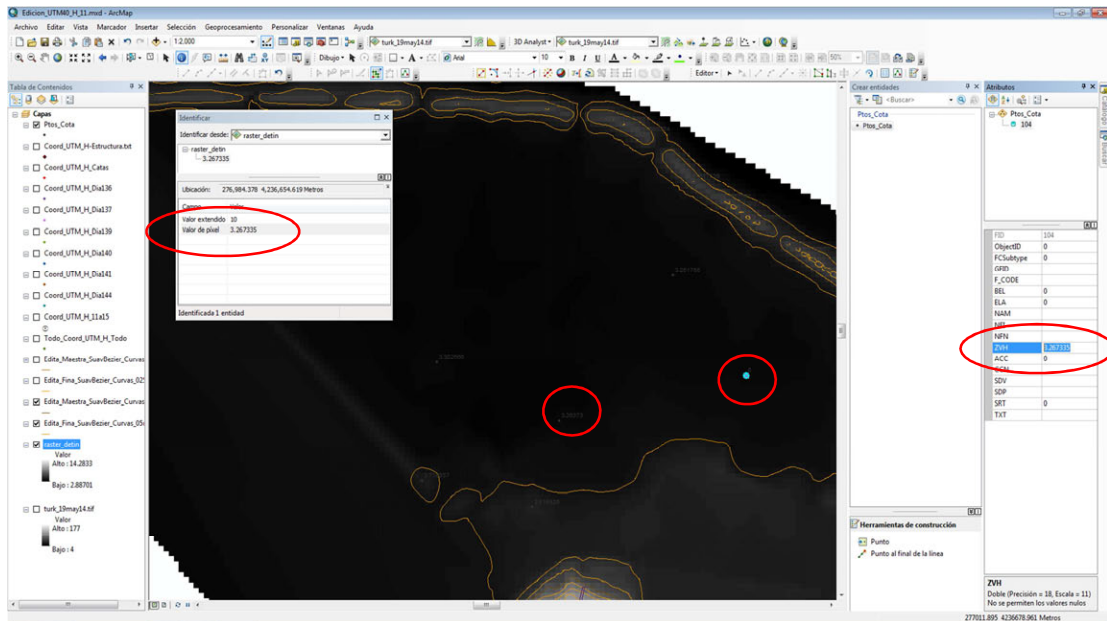


Fig. 70: Creación de puntos de cota o altitud.

4. OBTENCIÓN DEL PRODUCTO FINAL

4.1. MAQUETADO

El maquetado del producto final comprende todas aquellas operaciones necesarias para obtener el resultado impreso conforme al pliego de prescripciones técnicas.

4.1.1 Apariencia del curvado

En primer lugar, se define la simbología para las curvas de nivel en dos tonos, uno oscuro para las curvas directoras y otro más claro para el resto de curvas, así como, el grosor de las isohipsas, de tal manera que en los lugares con más desnivel no queden ilegibles. En el caso del mapa a escala 1/1000 con imagen, es necesario oscurecer los tonos de siena para que el dibujo de la curva de nivel sobre la intensidad de grises de la imagen sea visible y legible. El etiquetado de curvas maestras se define con el mismo color y en cursiva.

Igualmente, se establece el color, tamaño, forma y grosor para los demás elementos del mapa, tales como la estructura de adobe, las catas arqueológicas y los puntos de altitud, los cuales quedan etiquetados con dos cifras decimales.

4.1.2 Cuadrícula

Se traza una cuadrícula UTM. El color y grosor elegidos son de tal forma que no obstaculicen la legibilidad del mapa, es decir, que se mantenga la jerarquía visual, en la que la visualización del terreno mediante las curvas de nivel sea lo primordial. Las coordenadas de la cuadrícula se presentan en el huso 40, hemisferio norte.

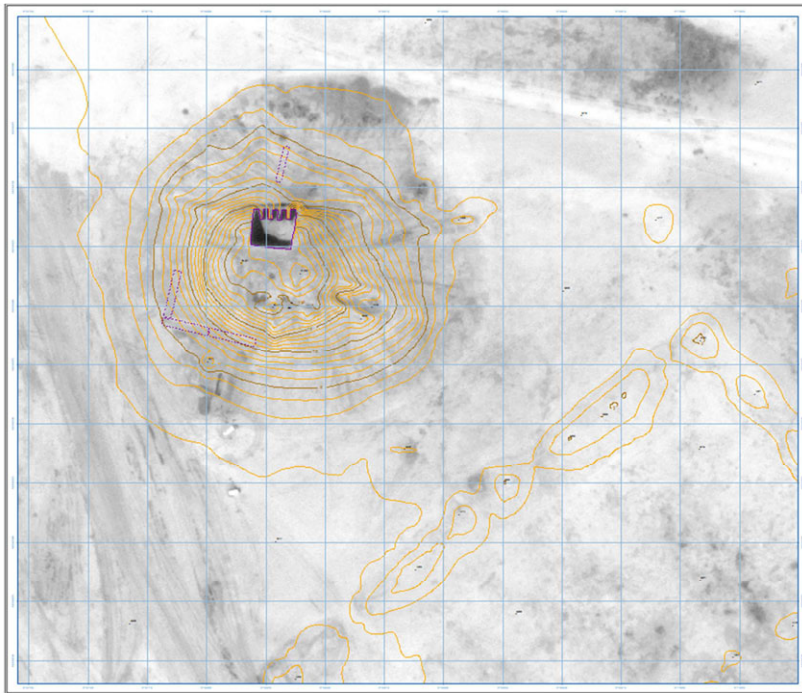


Fig. 71: Cuadrícula en el mapa.

4.1.3 Cartela

La cartela contendrá toda información técnica y de carácter general necesaria para la comprensión del mapa. Se compone de título, subtítulo, número de hoja y mapa de distribución de hojas, si procede según la escala, leyenda, datos técnicos, escalas, mapa de situación, organizaciones oficiales y colaboradoras vinculadas, fechas y autores.

La cartela en los mapas de las series 1/500 y 1/250 se sitúa en el margen derecho. En el caso de la escala 1/1000, debido a las dimensiones de la hoja de impresión, la cartela queda incluida en el entorno del mapa realizado.

La escala 1/1000 permite la visualización de todo el área de trabajo. Las series en 1/250 y 1/500 permiten que la cartela se sitúe a la derecha de la superficie del mapa.

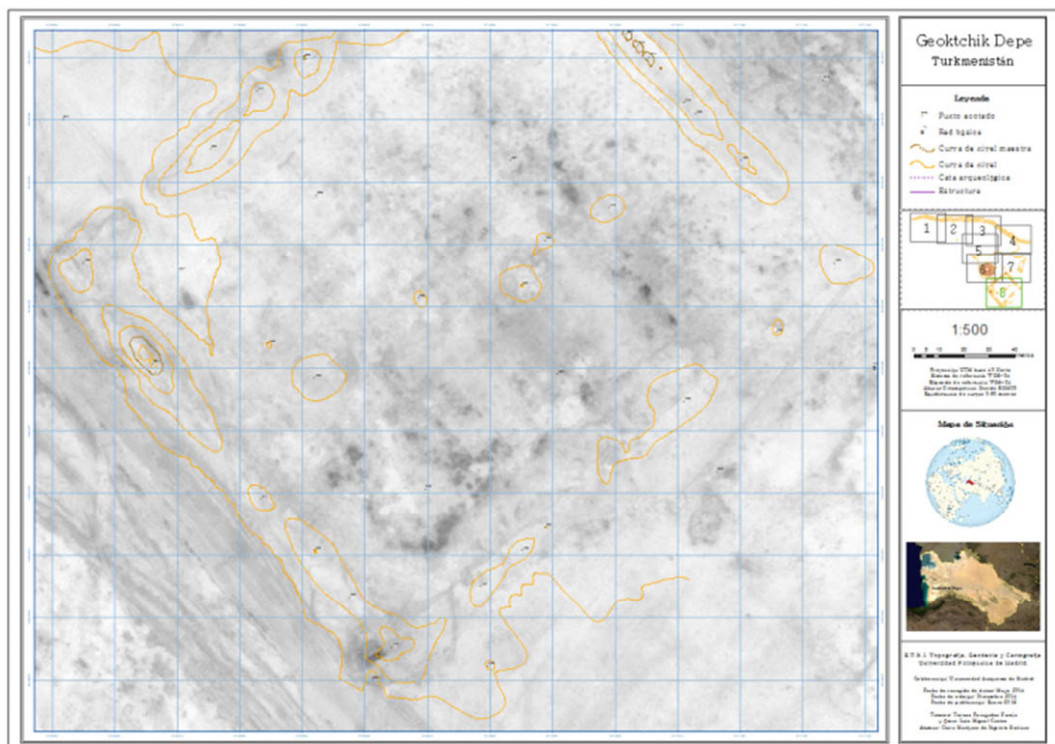


Fig. 72: Colocación de la cartela.

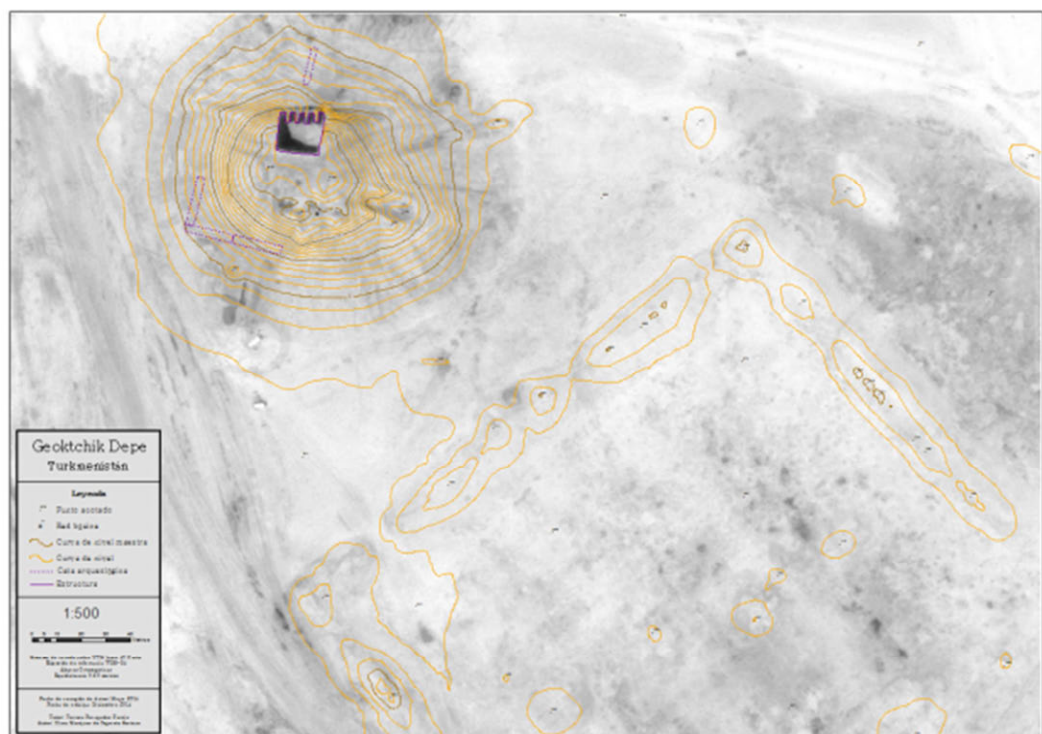


Fig. 73: Ejemplo de situación de la cartela.

4.1.4 Dimensiones

La posición y tamaño de la cartela son proporcionales a las dimensiones de la hoja de papel.

Finalmente, los productos obtenidos se almacenan tanto en formato digital como papel. En el primer caso se obtiene un archivo de extensión “*.pdf” por cada mapa de cada serie realizado.

La distribución de las hojas en cada serie se ha realizado de forma que en función del plotter se ha diseñado el tamaño del mapa final, tanto en formato digital como analógico. Este proceso se realiza a través de ArcMap mediante la personalización de la hoja. Las series 1/500 y 1/250 tienen dimensiones de (100x70) cm y la serie 1/1000 tiene un tamaño de (120x98) cm.

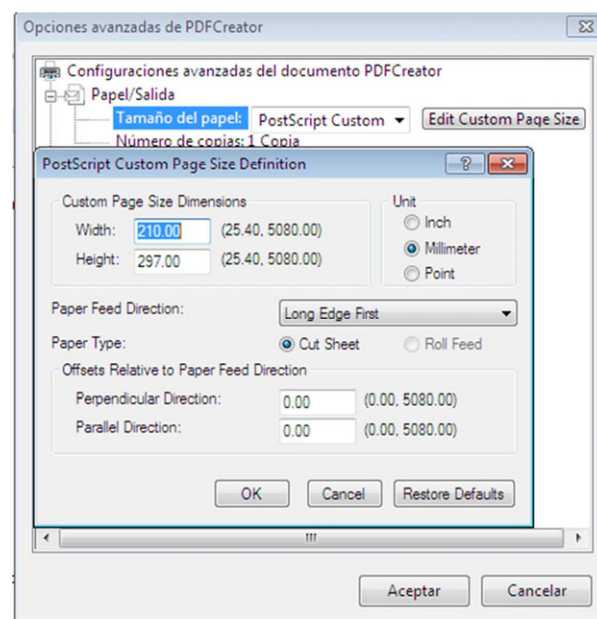


Fig. 74: Configuración de la hoja de mapa.

4.2. CONTROL DE CALIDAD: IMPRESIÓN Y DIGITAL

Tras los últimos ajustes se realiza un control de calidad de los productos obtenidos. De esta forma se detectarán posibles erratas o fallos por omisión tanto en los documentos digitales en formato “*.pdf” como de los documentos en papel.

Como consecuencia de este control de calidad, se observó, durante las pruebas de impresión, la necesidad de oscurecer las curvas de nivel en el mapa a escala 1/1000 con imagen. También, se modifican grosores y se comprueba la legibilidad.

Los formatos digitales se repasan en busca de fallos, tales como la descompensación de márgenes, grosores inadecuados, redacción de cartela incompleta o incorrecta, etc.

Todas las deficiencias encontradas son corregidas y ajustadas de forma que el producto final sea conforme a los requisitos de calidad definidos para este proyecto y TFG.

ANEXO IV: DISEÑO DEL GEOPORTAL

1. INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES

El objetivo de esta fase es diseñar una estructura de base de datos que permita la carga de información, la configuración de un servidor de cartografía para publicar esa información y, por último, implementar un geoportal para el acceso y visualización de los datos del área arqueológica de Geoktchik Depe.

Este anexo explica, por orden de consecución de las tareas desarrolladas, cómo obtener el geoportal, desde la preparación de los datos hasta la publicación y visualización final de las capas de información. El geoportal se ha puesto en marcha para la difusión de los datos topográficos y arqueológicos del yacimiento.

1.1. INTRODUCCIÓN

Una Infraestructura de Datos Espaciales necesita ante todo una base de datos. Puesto que en este TFG lo que se pretende es tener información geográfica, la IDE deberá adecuarse a dicho requerimiento. Para ello se apoya en una base de datos espacial. Es en ella donde se almacena toda información alfanumérica y espacial asociada a los fenómenos geográficos que se editan, elaboran y muestran en el presente documento.

Una base de datos espacial es un conjunto de datos con atributos geográficos, de un mismo contexto, almacenados ordenadamente para su posterior uso. Un sistema gestor de base de datos (SGBD) permite el almacenamiento, manipulación y consulta de datos pertenecientes a una base de datos organizada en uno o varios ficheros, [4]. El SGBD utilizado es PostgreSQL con su extensión espacial PostGIS, como base de datos espacial.

El servidor de cartografía empleado para publicar la información de la base de datos es un servidor Jetty. Su característica principal es que es un servidor HTTP ligero y eficiente. Es de fuente abierta, escrito en lenguaje Java, cuyo tamaño permite crear aplicaciones independientes de servicios web, [57].

1.2. PREPARACIÓN DE LOS DATOS

La información de partida para este apartado son los datos de salida procesados y editados en la fase inmediatamente anterior. Se prosigue tras haber obtenido capas en formato *shapefile* de los elementos cartográficos representados en los mapas elaborados. Junto a la imagen de satélite, las

capas han de pasar una serie de etapas hasta poder ser publicadas y dispuestas para su visualización online.

Los formatos y extensiones de los ficheros empleados para dicho propósito se describen en el *Anexo II: Preparación de la documentación de la fase experimental* del presente TFG.

2. SOFTWARE

2.1. ELECCIÓN DEL SOFTWARE

En un primer momento se ha buscado un software comercial que satisfaga todas las demandas del geoportal, [39]. Dicho programa es Esri Geoportal Server, [41], [47]. Para su instalación y su puesta en funcionamiento, [48], son necesarios varios programas como, por ejemplo, Apache TomCat, [44], PostgreSQL, [45], o complementos Java Development Kit with Runtime Environment, [46].

Sin embargo, dicha opción una vez evaluada, fue desechada debido a la imposibilidad de realizar su completa implementación y puesta en marcha, [42].

Tras descartar Esri Geoportal Server, se opta por los programas de fuente abierta y libre. Las ventajas de contar con un software comercial gratuito es que se puede conseguir, de forma relativamente sencilla, la integración e implementación de los recursos necesarios para obtener un geoportal, reduciendo el tiempo que el usuario emplea en buscar recursos geoespaciales útiles y relevantes para sus necesidades. La elección es OpenGeo Suite en su versión 3.1, [40].

Los beneficios de trabajar con OpenGeo Suite son:

- Despliegue multiplataforma (Linux, Windows y OSX), con cuatro componentes de software libre integrados, que se basan en los estándares *Open Geospatial Consortium* (OGC).
- Ofrece las herramientas necesarias para conseguir desarrollar un proyecto gracias a su interoperabilidad.
- Nuevas y mejores versiones de software, que significa un futuro asegurado debido a la actualización constante.
- Documentación y foros disponibles de rápida respuesta ante posibles problemas.

2.2. INSTALACIÓN

OpenGeo Suite 3.1 integra una base de datos espacial, un servidor de aplicaciones y un cliente API.

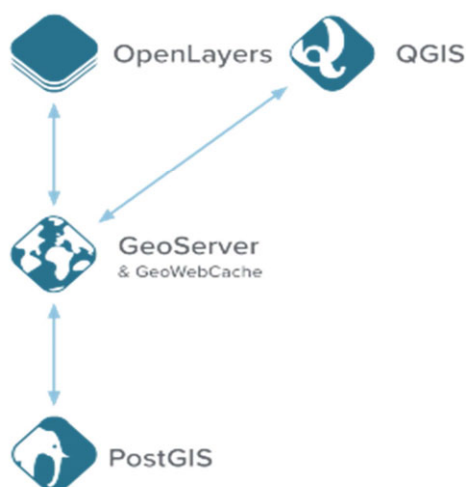


Fig. 75: Estructura de OpenGeo Suite.

Los servicios que ofrece son: GeoServer, GeoExplorer, GeoWebCache, GDAL y Client SDK. Adicionalmente, se instala el gestor de base de datos PostgreSQL con su extensión espacial PostGIS, [50], [51].

Una vez instalado, para comenzar a trabajar, se inicia *OpenGeo Suite Dashboard* -> *Start*. En esta pantalla, se pueden administrar todos los recursos que se utilizan para este TFG: PostGIS, GeoServer y GeoExplorer.

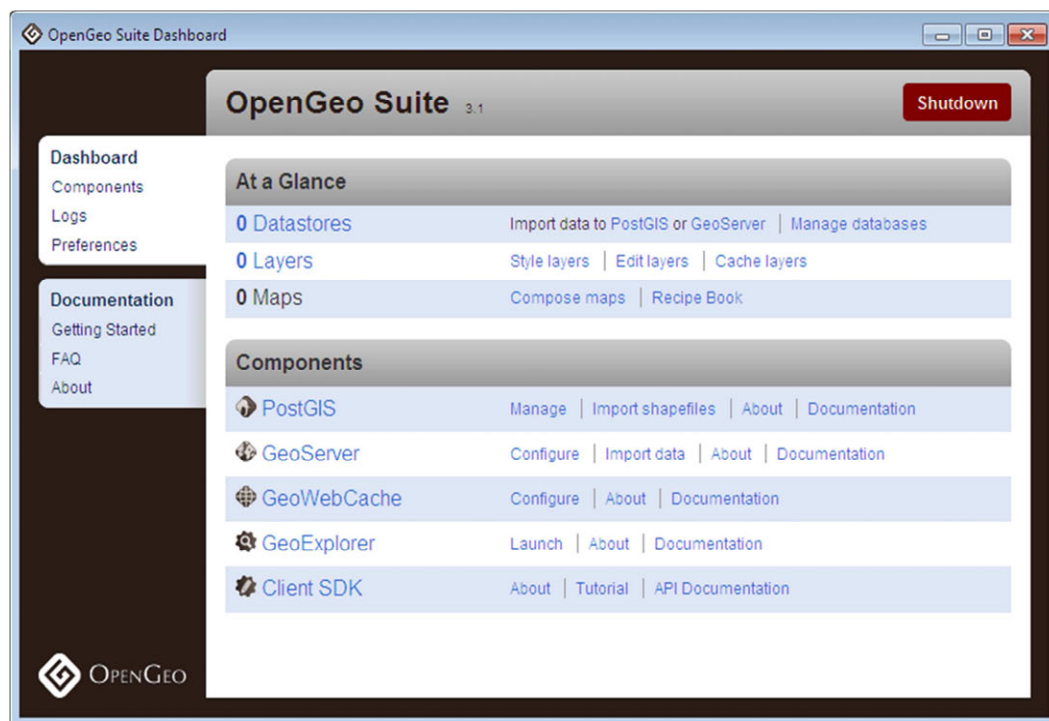


Fig. 76: OpenGeo Suite 3.1.

3. SOLUCIONES ADOPTADAS

3.1. BASE DE DATOS

En primer lugar, se crea una base de datos con el programa pgAdmin III.

A continuación, se inicia el servidor de la base de datos en el puerto 54321. Es el momento de crear una nueva base de datos dentro del servidor, que se denomina Depe. Se añade una descripción sobre el contenido, se especifica una plantilla de tipo espacial (template_postgis) y se define el idioma.

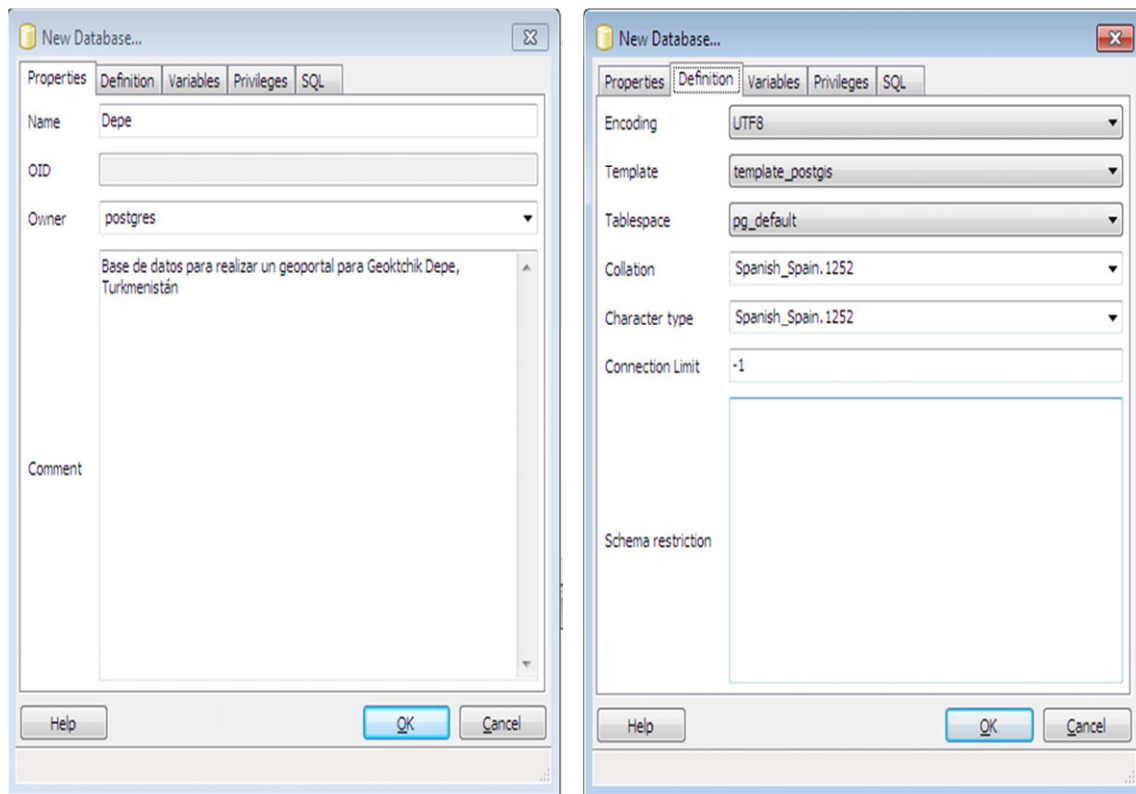


Fig. 77: Definición de una nueva base de datos en PostGIS mediante pgAdmin III.

Se crean una serie de elementos predefinidos junto a la definición de la base de datos, como se muestra en la figura siguiente:

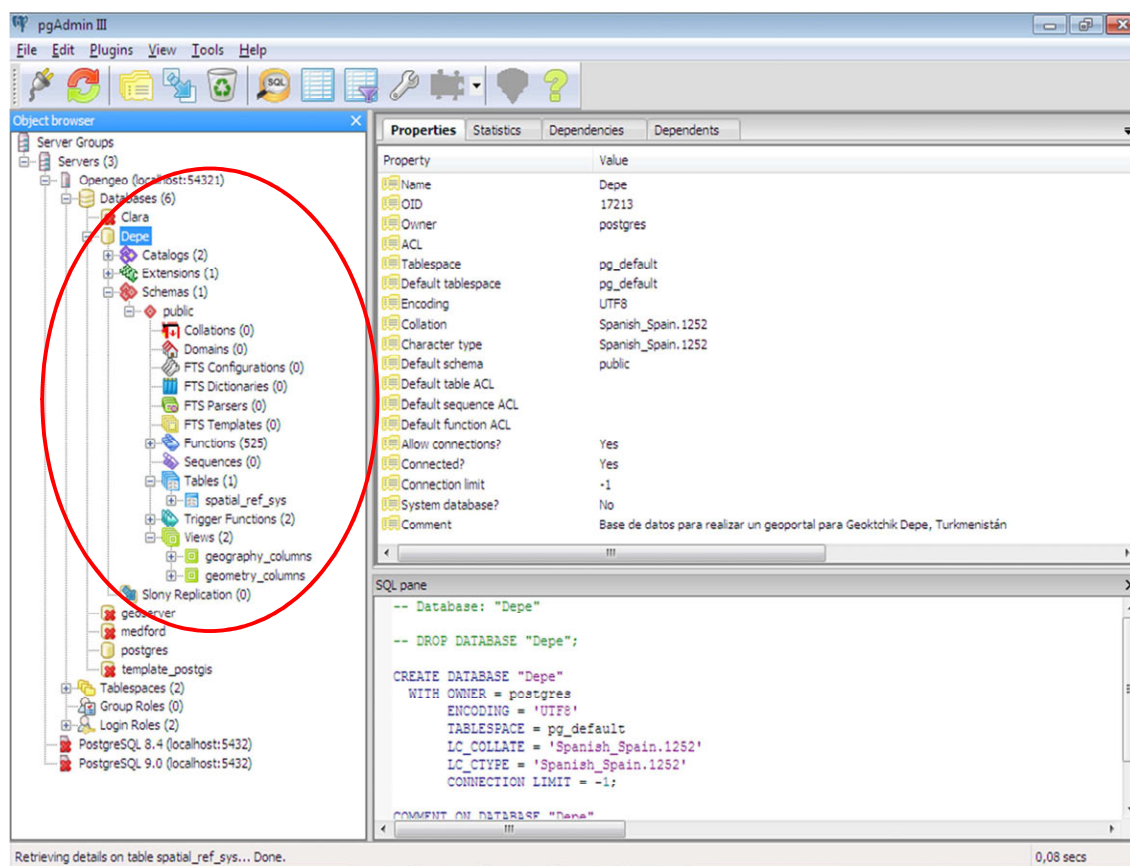


Fig. 78: Estructura de la base de datos recién creada en pgAdmin III.

Posteriormente, se añaden las capas de información procedente de la fase de elaboración de la cartografía. Los datos deben tener el formato *shapefile*, “*.shp”, como se detalla en el *Anexo II: Preparación de la documentación de la fase experimental*.

Se ajustan las opciones de importación y se conecta a la base de datos, indicando el nombre, la contraseña y el puerto.

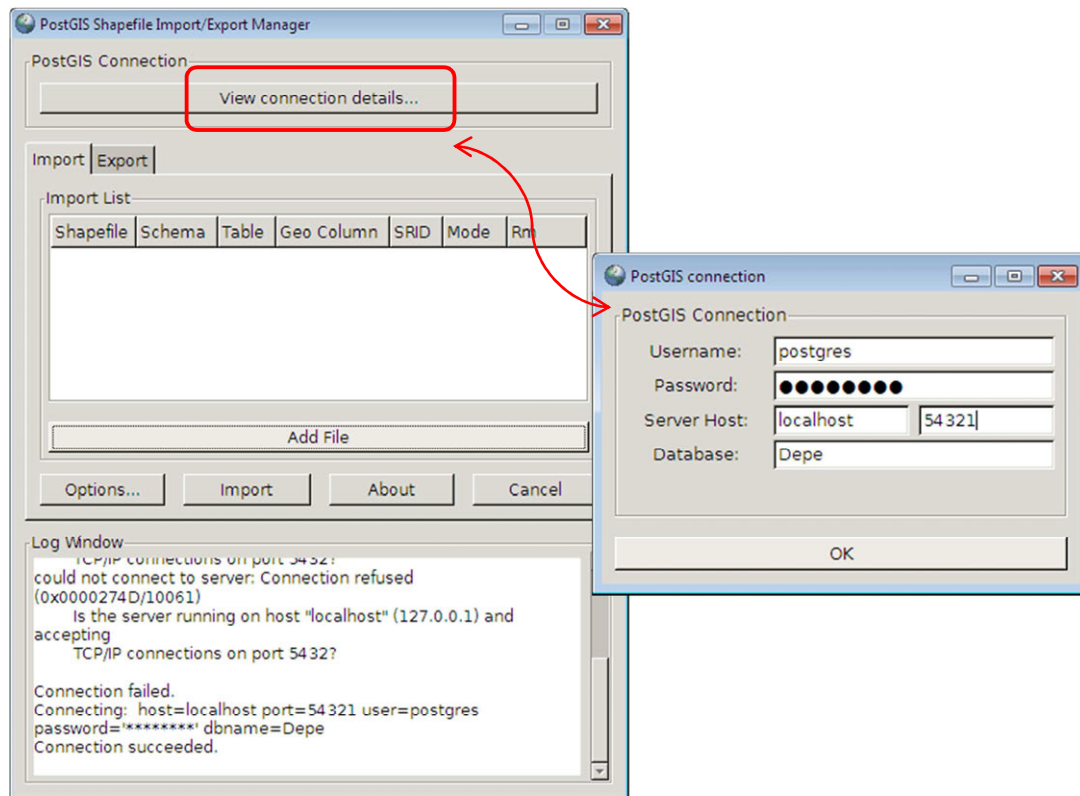


Fig. 79: Conexión exitosa de la base de datos para la importación de ficheros.

La correcta importación de las capas seguirá la guía de instalación, [52]. La estructura con el directorio que administra OpenGeo Suite asegura que, a través de las capas publicadas, no se acceda a la información del ordenador más allá de los datos que el servidor quiere ofrecer.

A continuación, se seleccionan las capas que se desea introducir en la base de datos Depe. Antes de importar los datos de forma definitiva, conviene asegurarse que el sistema de coordenadas es el deseado. Para este TFG se ha utilizado la proyección UTM 40N que corresponde a la nomenclatura SRID 32640. Un aviso señala que la operación se ha realizado con éxito.

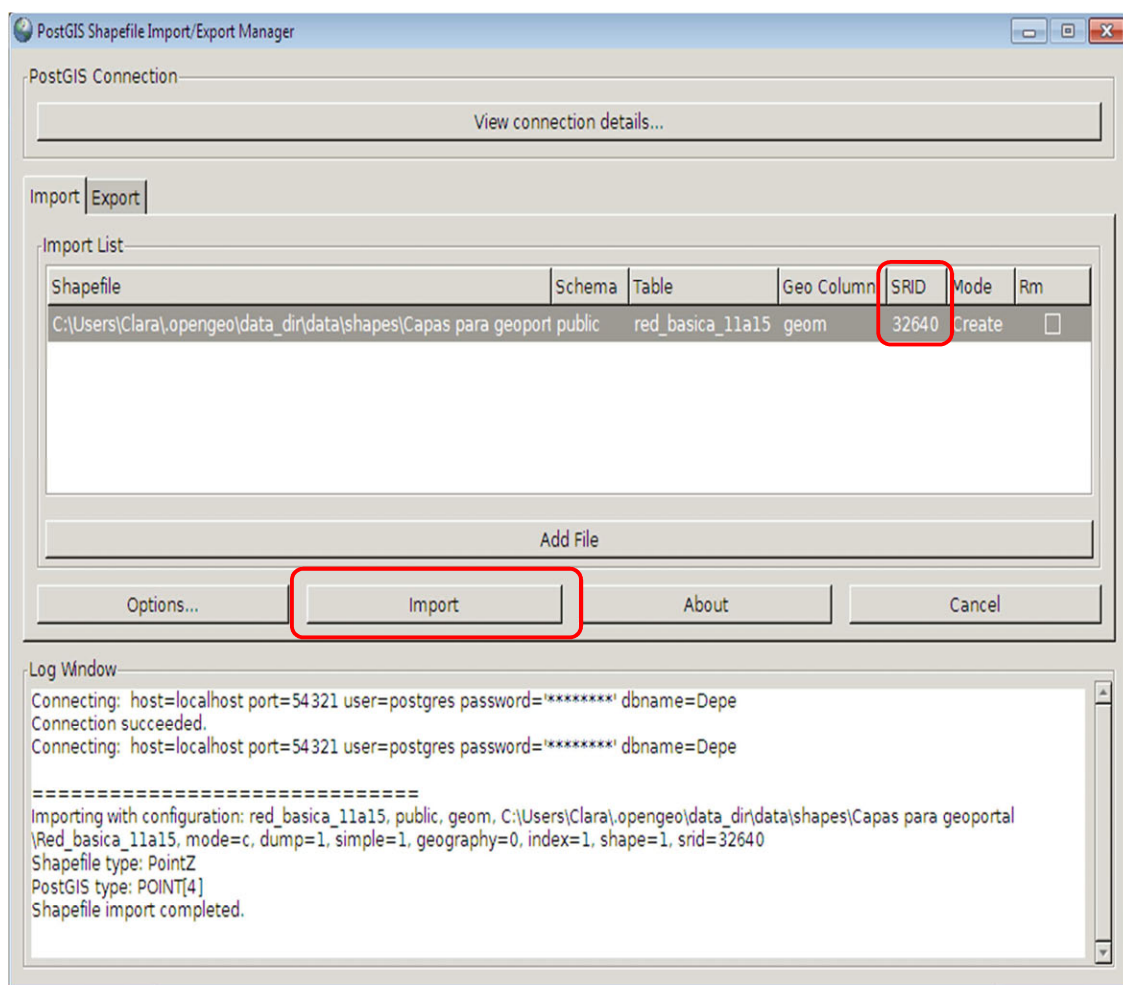


Fig. 80: Importación de capas shapefile completada con éxito.

Por último, se actualiza la base de datos y se comprueba que el software crea una tabla de datos por cada capa de tipo *shapefile* introducida.

Una forma de comprobar que los datos están correctamente cargados es mediante la visualización con el programa QuantumGIS (QGIS) Wien 2.8.1, [53]. Se instala y se conecta a la base de datos, lo cual permite visualizar la capa elegida con una simbología aleatoria que utiliza QGIS, una vez indicado del sistema de coordenadas en el cual están los datos.

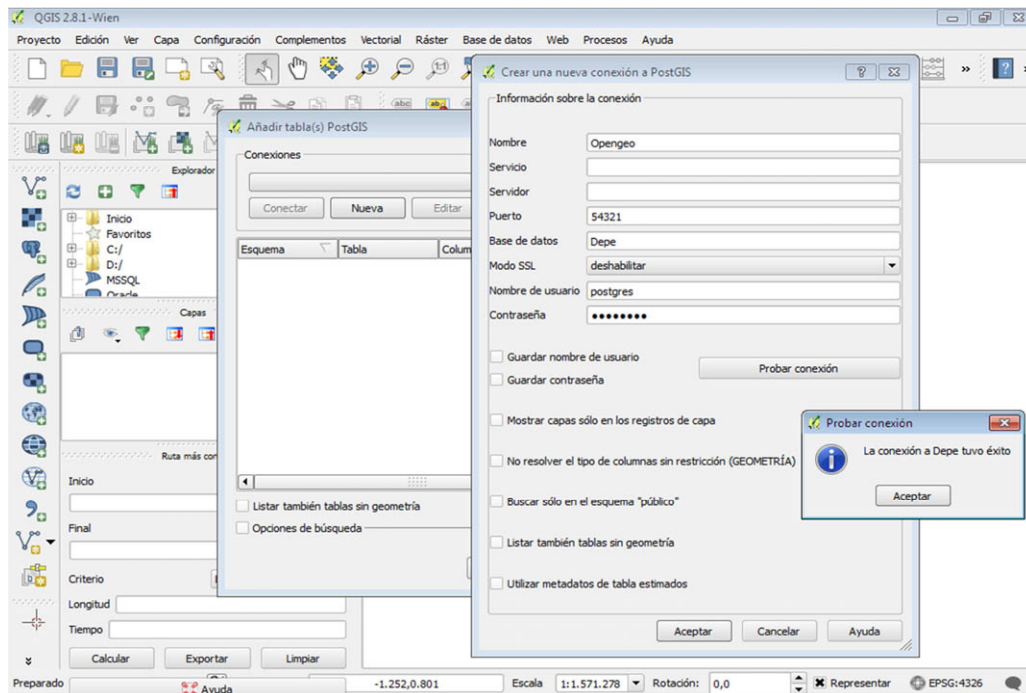


Fig. 81: Conexión de QGIS con la base de datos PostGIS.

En las tablas creadas en la base de datos se añaden atributos nuevos que complementen la información; es el caso de la documentación y las fotografías. Dentro de la tabla de información de “estructura”, “red_basica_11a15” y “cata_arqueologica” se incluyen nuevas columnas de tipo texto donde enlazar la información a través de direcciones del servidor.

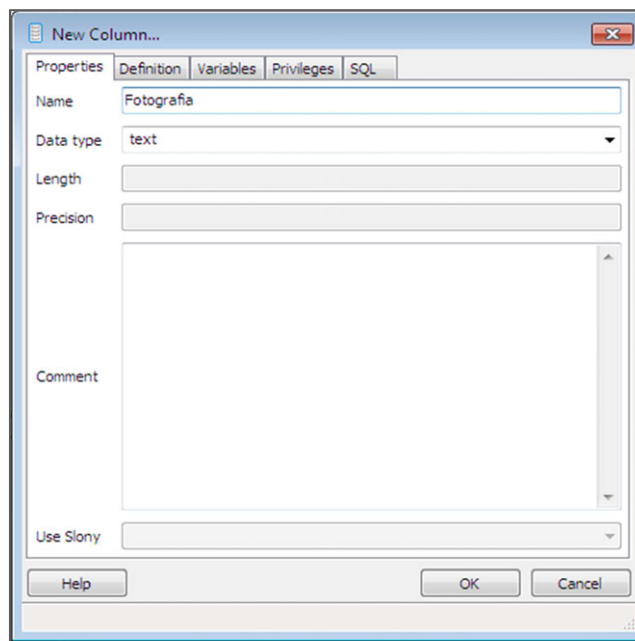


Fig. 82: Creación de atributos en una tabla.

Se comprueba que la carpeta del servidor que contiene las fotografías y demás información que se desea enlazar es accesible, para ello, se realiza una consulta localhost a la carpeta situada en C:\Program Files\OpenGeo\OpenGeo Suite\webapps\Photos.

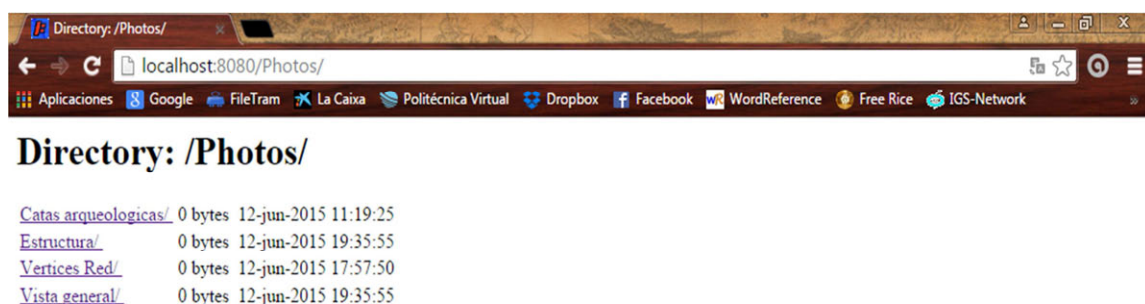


Fig. 83: Carpeta de información del servidor.

Más tarde, se rellenan las columnas deseadas en las tablas de la base de datos. La dirección al servidor será del tipo http://192.168.0.196:8080/Photos/Estructura/DSC_0671.JPG.

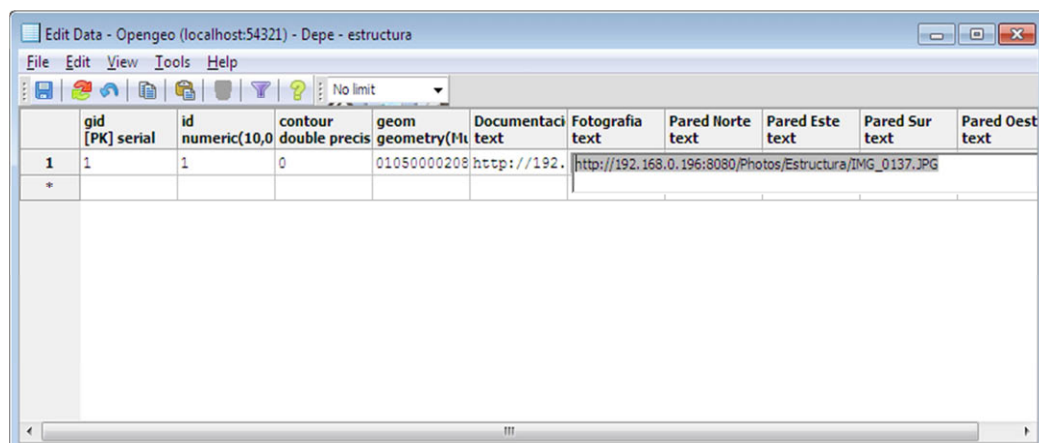


Fig. 84: Carga de atributos de la tabla de la base de datos.

3.2. SIMBOLOGÍA

Para diseñar la simbología de las capas a publicar se utiliza el software Atlas Styler 1.9.

Para empezar se conecta a PostGIS y se selecciona la base de datos; desde ella se selecciona la tabla de datos que se desea simbolizar.

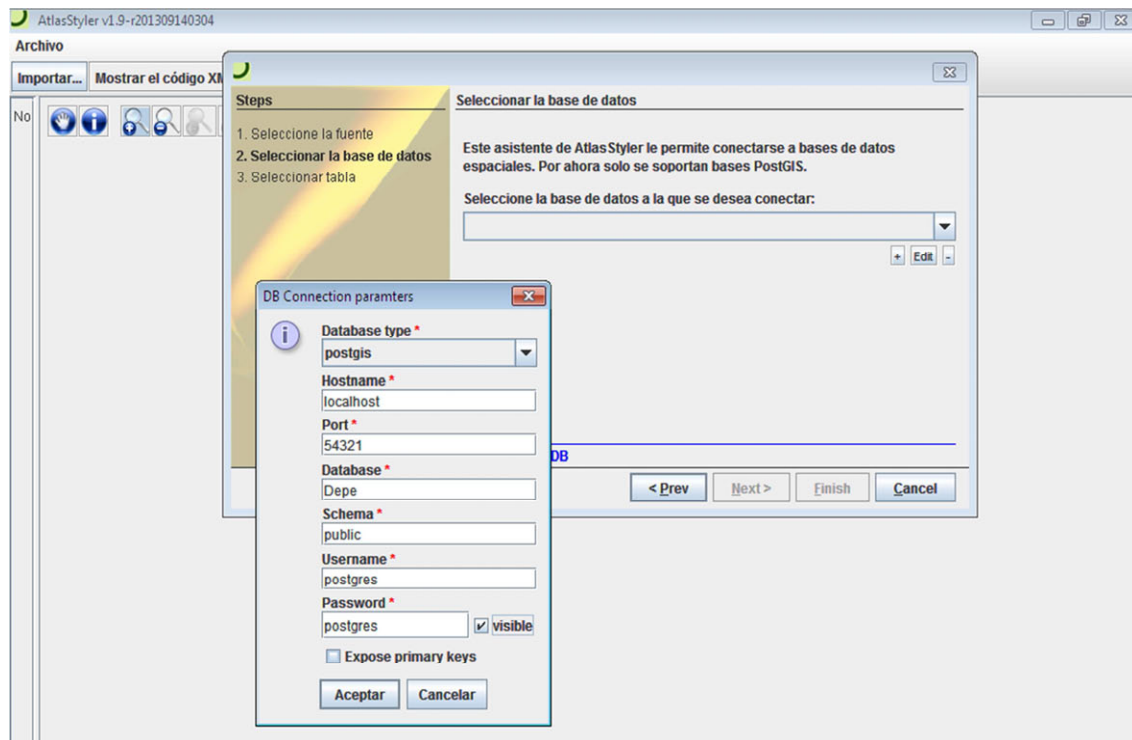


Fig. 85: Conectar la base de datos con Atlas Styler.

A continuación, se elige el color, la forma, el grosor, la transparencia, etc. Además, en las opciones avanzadas se puede indicar que la capa sea visible a partir de una escala concreta o que a partir de cierta escala pequeña ya no se visualice.

El programa permite la visualización instantánea de los cambios que se ejecutan, de tal forma que el usuario pueda decidir de forma sencilla si el resultado de la simbología que está creando es satisfactorio.

El estilo elegido se muestra en código XML (*eXtensible Markup Language*) con las etiquetas de “<UserStyle> <UserStyle/>”. Se muestra un ejemplo a continuación:

```
<UserStylexmlns="http://www.opengis.net/sld"    xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">

<Name>Default Styler</Name>

<Title>AtlasStyler v1.9-r201309140304, Export-Mode: PRODUCTION</Title>

<FeatureTypeStyle>

<Name>name</Name>

<FeatureTypeName>Feature</FeatureTypeName>
```

```

<Rule>

<Title>default{DB: postgresql://localhost:54321/Depe cata_arqueologica}</Title>

<MaxScaleDenominator>1.0E20</MaxScaleDenominator>

<LineSymbolizer>

<Geometry>

<ogc:PropertyName>geom</ogc:PropertyName>

</Geometry>

<Stroke>

<CssParameter name="stroke">#A226CC</CssParameter>

<CssParameter name="stroke-width">0.5</CssParameter>

<CssParameter name="stroke-dasharray">1.0 2.0 4.0 </CssParameter>

</Stroke>

</LineSymbolizer>

</Rule>

</FeatureTypeStyle>

</UserStyle>

```

No obstante, este código debe ser ampliado con el tipo de entidad del dato (puntual, lineal o superficial) y si se desea etiquetar. En ese caso, el archivo XML debe especificar el tamaño y el color de la etiqueta, por ejemplo de esta forma:

```

<UserStyle xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld"
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc" xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml">

<Name>Default Styler</Name>

<Title>AtlasStyler v1.9-r201309140304, Export-Mode: PRODUCTION</Title>

<FeatureTypeStyle>

<Name>name</Name>

<FeatureTypeName>Feature</FeatureTypeName>

<Rule>

```

```
<Title>default{DB: postgresql://localhost:54321/Depe curva_editado_maestra_25}</Title>

<MaxScaleDenominator>1100.0</MaxScaleDenominator>

<LineSymbolizer>

<Geometry>

<ogc:PropertyName>geom</ogc:PropertyName>

</Geometry>

<Stroke>

<CssParameter name="stroke">#CC8E3D</CssParameter>

</Stroke>

</LineSymbolizer>

<TextSymbolizer>

<Label>

<ogc:PropertyName>contour</ogc:PropertyName>

</Label>

<Font>

<CssParameter name="font-family">Arial</CssParameter>

<CssParameter name="font-size">8</CssParameter>

<CssParameter name="font-style">oblique</CssParameter>

<CssParameter name="font-weight">normal</CssParameter>

</Font>

<LabelPlacement>

<LinePlacement />

</LabelPlacement>

<Halo>

<Radius>2.5</Radius>

<Fill>
```

```
<CssParameter name="fill">#FFFFFF</CssParameter>

</Fill>

</Halo>

<Fill>

<CssParameter name="fill">#CC8E3D</CssParameter>

</Fill>

<VendorOption name="followLine">true</VendorOption>

</TextSymbolizer>

</Rule>

</FeatureTypeStyle>

</UserStyle>
```

Además, el código que se diseña con Atlas Styler debe complementar y ampliar las especificaciones del diseño predeterminado de GeoServer. Ambos códigos serán incluidos dentro de los estilos de GeoServer, [54].

3.3. PREPARACIÓN DE GEOSERVER

Se accede a GeoServer mediante la dirección <http://localhost:8080/geoserver/web/>. Tras ingresar el usuario y la contraseña, se está en posición de comenzar a trabajar.

En primer lugar, se crea un espacio de trabajo, llamado Geoktchik Depe, y se define como predeterminado. En segundo lugar, se crea un almacén de datos vectoriales, denominado Depe_BD, y un almacén de datos ráster, denominado Depe_Imagen_BD, indicando la conexión de datos mediante PostgreSQL, [55]. Los formatos disponibles para crear tipos de almacenes se exponen en el *Anexo II: Preparación de la documentación de la fase experimental*.

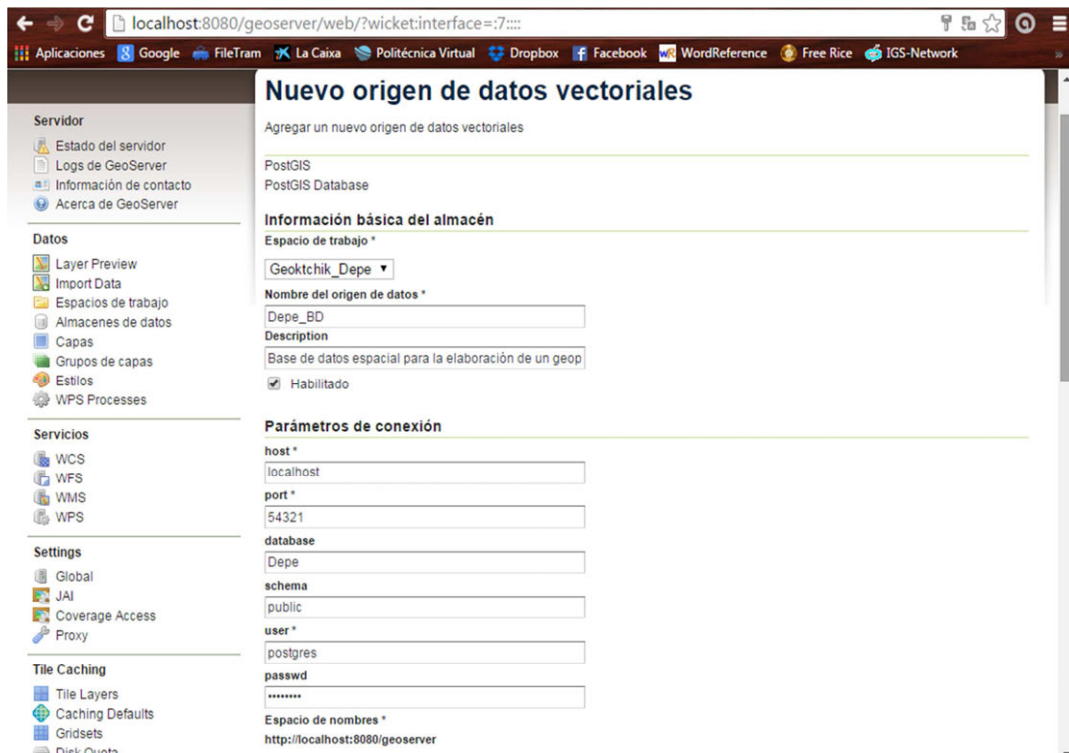


Fig. 86: Creación del almacén de datos vectoriales en GeoServer.

En el caso de la imagen de satélite, en su almacén de tipo ráster, se definirá como no consultable y se establece su método de interpolación como bilineal para evitar la pérdida de resolución.



Fig. 87: Publicación de la imagen satelital en el geoportal.

Se comprueba que todos los campos y atributos de las tablas son visibles y están cargados y activos.

Detalles del Feature Type

Propiedad	Tipo	Nulo permitido	Ocurrencias min/máx
id	BigDecimal	true	0/1
contour	Double	true	0/1
geom	LineString	true	0/1
Fotografía	String	true	0/1

Reload feature type ⚠...

Guardar Cancelar

Fig. 88: Detalles de los atributos de la capa publicada en GeoServer.

A continuación, se publican los estilos uniendo en un archivo “*.xml” la simbología diseñada con anterioridad y las cabeceras predeterminadas de los estilos de GeoServer.

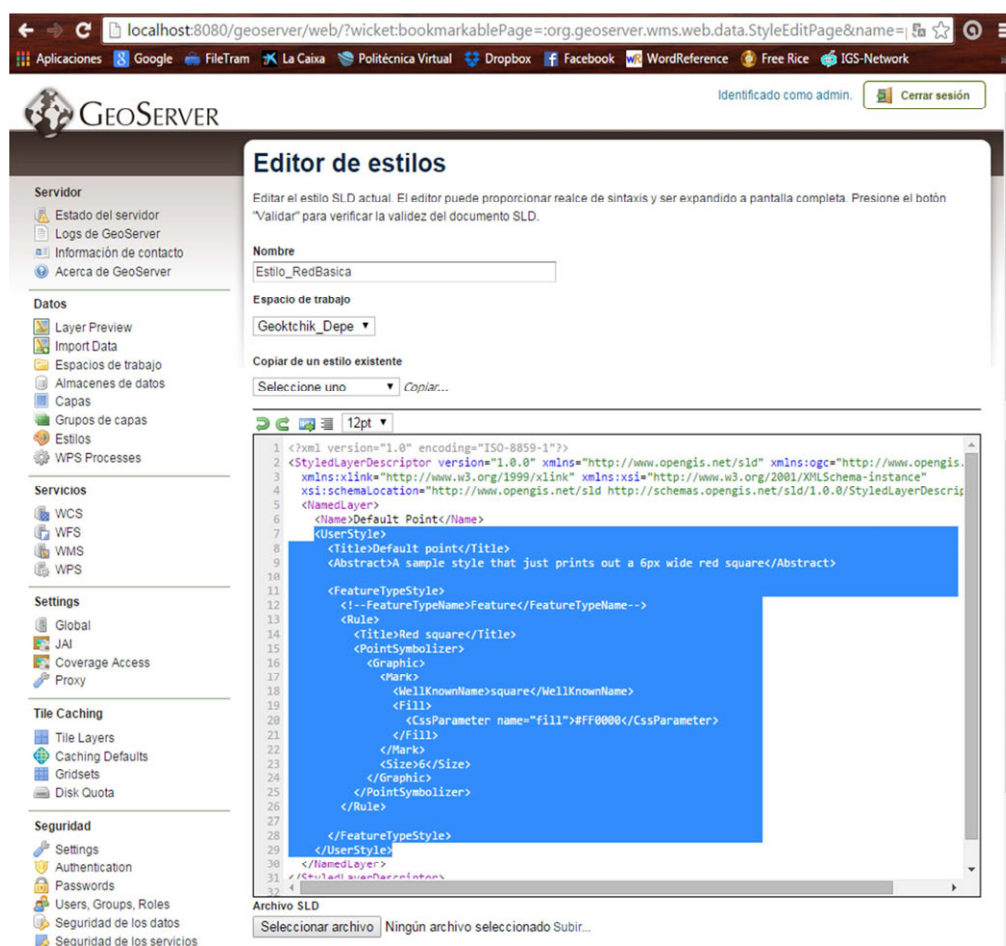


Fig. 89: Editor de estilos de GeoServer y unificación de códigos XML.

Esta etapa exige una validación de códigos que, una vez superada, permite vincular los estilos a las capas de información, [56]. El estilo creado aparecerá en la lista de editor de estilos.



Fig. 90: Lista de estilos de GeoServer.

3.4. PUBLICACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE CAPAS

Una vez se dispone de la base de datos estructurada, la simbología diseñada y la preparación de GeoServer, se agregarán y publicarán las capas de datos.

En primer lugar, en el menú “Capas” de GeoServer, se selecciona la opción “Agregar recurso nuevo”. Posteriormente, se elige el espacio de trabajo y el almacén de datos en el que se vincularán la información de la capa *shapefile*. Más tarde, se elige la capa que se desea publicar.

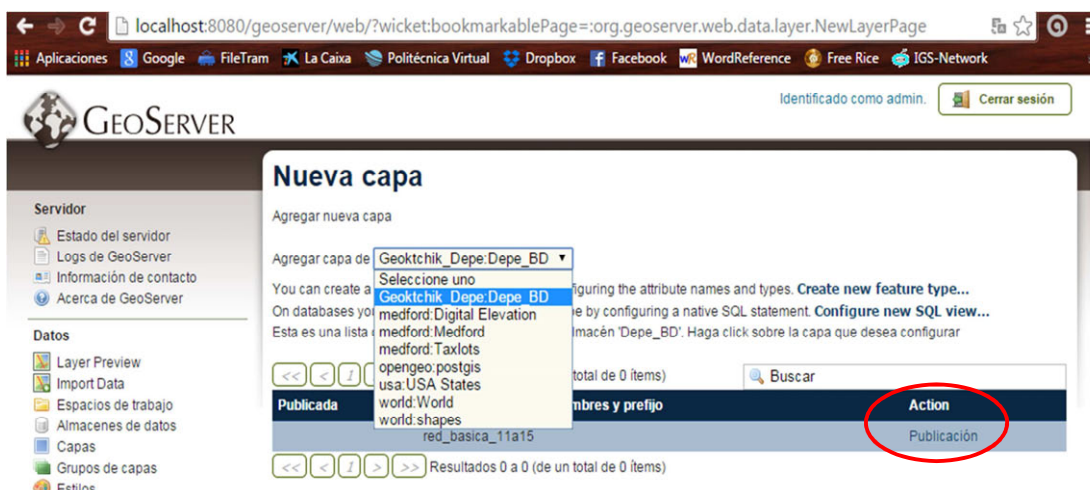


Fig. 91: Nueva capa y publicación en GeoServer.

Para la publicación, se tienen que volver a indicar el espacio de trabajo y el almacén de datos. También, se establece si se desea que la capa permita consultas y se añade una descripción sobre lo que tiene la capa.

Editar capa

Editar los datos de la capa y la información de publicación

Geoktchik_Depe:red_basica_11a15

Configure el recurso y la información de publicación para esta capa

Datos	Publicación	Dimensions	Tile Caching
-------	-------------	------------	--------------

Información básica del recurso

Nombre

Título

Resumen

La capa contiene los cinco vértices de la red básica situada en Geoktchik Depe, Dehistán, Turkmenistán.
Las coordenadas son proyectadas, UTM huso 40 Norte. Con altura ortométrica.

Palabras clave

Palabras clave actuales

red_basica_11a15
features
Vértice (es)
red básica (es) [basic network]
Turkmenistán (es) [turkmenistan]
Dehistán (es) [Dehistan]

Eliminar seleccionados

Fig. 92: Detalle de la publicación de la capa.

Además, se añadirán palabras clave y el idioma en el que están, el encuadre de la capa en función de su sistema de coordenadas y el estilo, que ha sido diseñado y modificado con anterioridad según lo expuesto en los apartados anteriores.

Finalmente, la capa queda publicada en GeoServer y aparece en la lista de capas.



Fig. 93: Comprobación exitosa de la publicación de capas.

Se comprueba que el estilo y la capa es la deseada mediante la previsualización en OpenLayers.

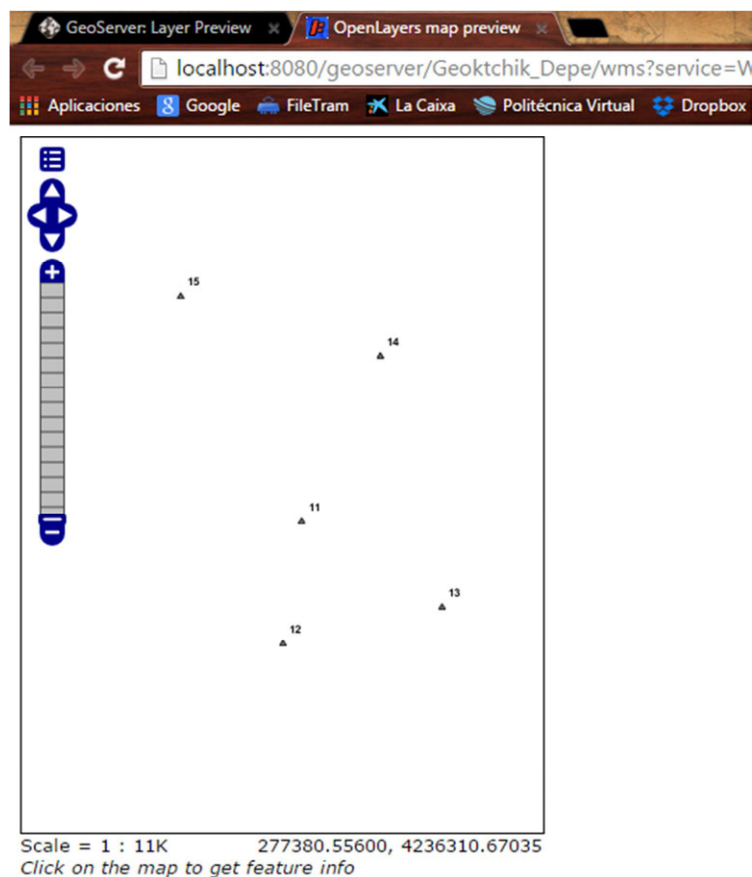


Fig. 94: Visualización de la capa publicada en OpenLayers.

3.5. VISOR EN GEOEXPLORER

Para ejecutar el visor se accede desde la dirección del portal web de GeoExplorer: <http://localhost:8080/geoexplorer/composer/>

Se añaden las capas publicadas con GeoServer que se desee visualizar en GeoExplorer y el mapa se genera automáticamente. El software permite seleccionar y deseleccionar las capas, que serán visualizadas según la simbología establecida en los pasos anteriores.

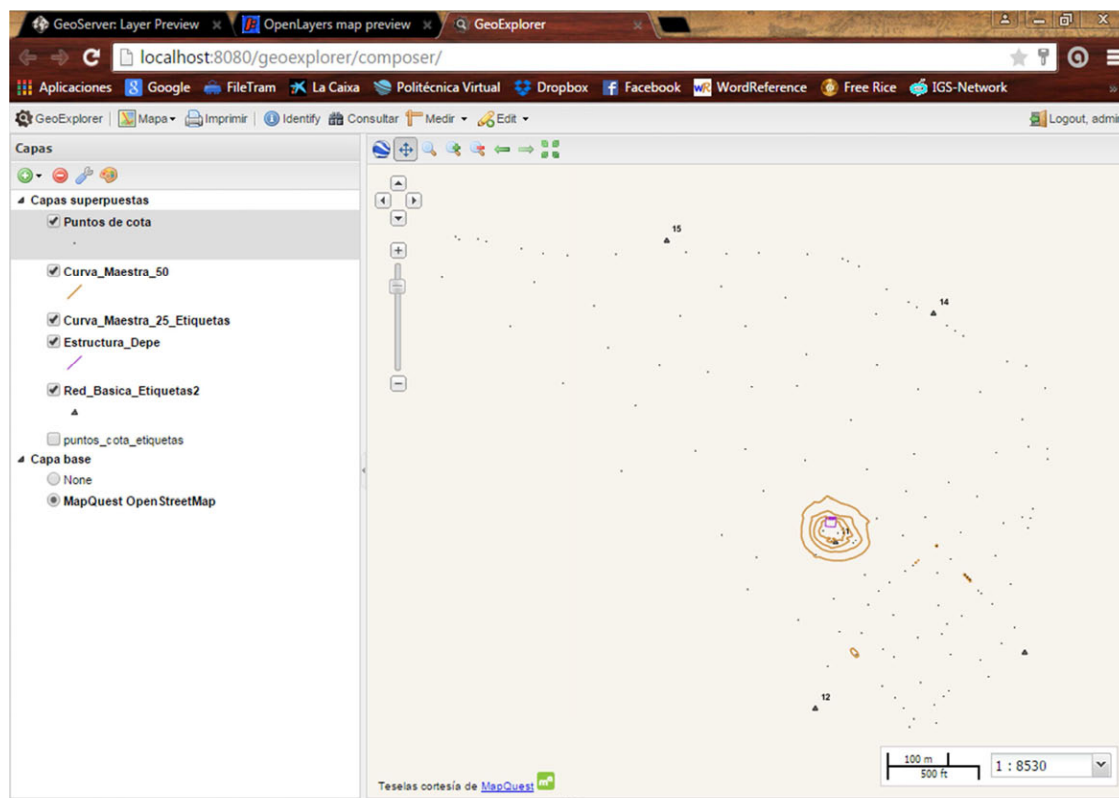


Fig. 95: Visualización de capas en GeoExplorer.

El visor de GeoExplorer permite las opciones de zoom (hasta la escala 1/1066), medir, consultar (si la capa también lo permite), diseñar simbología, etc. La opción “*Identify*” permite acceder a la tabla de atributos de las capas visualizadas.

Se preparan las capas para poder mostrar los atributos con dirección al servidor, documentación, reseñas y fotografías, mediante un formato “text/html”. De esta manera, es posible consultar la dirección web de la imagen que se desea visualizar.

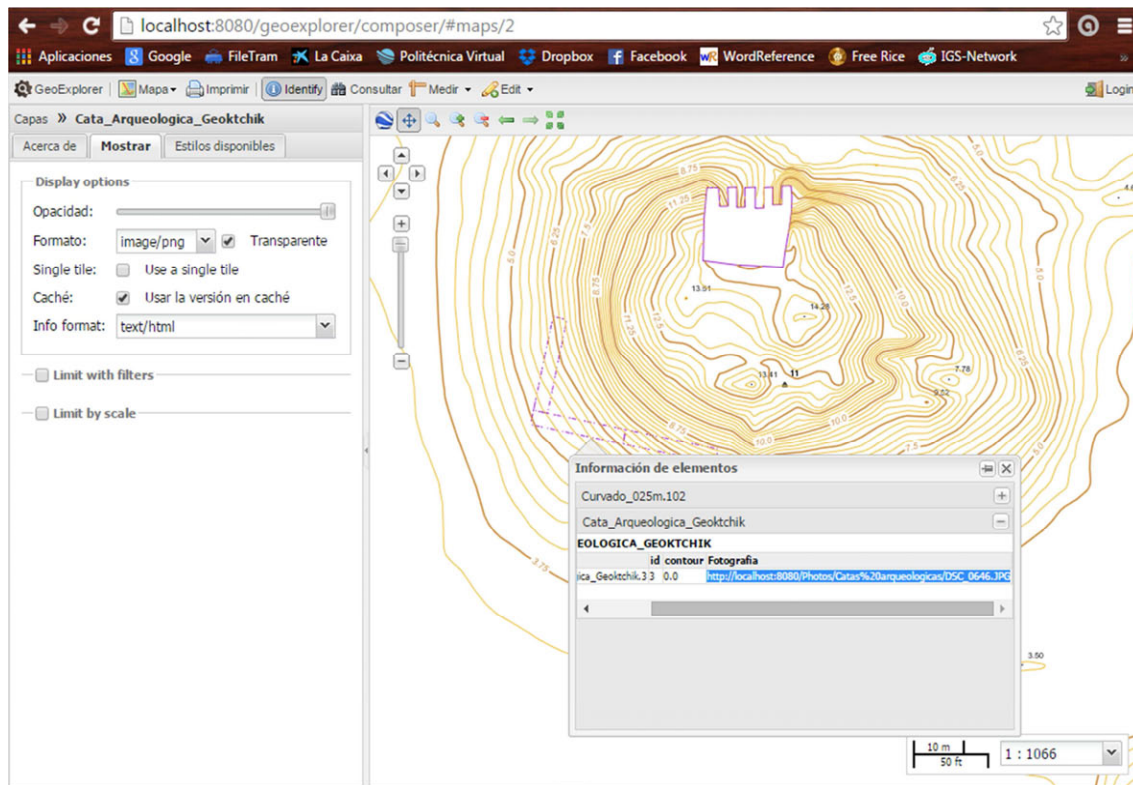


Fig. 96: Visualización de atributos de la capa.

Al seleccionar con el botón derecho la dirección web, el geoportal redirige al usuario a la imagen deseada.

En última instancia, es posible almacenar el mapa creado en una dirección URL: <http://localhost:8080/geoexplorer/composer/#maps/2>

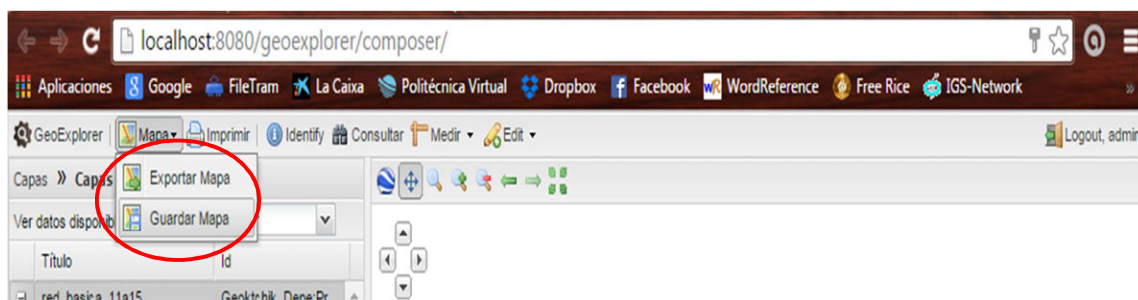


Fig. 97: Guardar y exportar mapa creado con GeoExplorer.

3.6. RESULTADO FINAL

De esta forma, el mapa guardado es accesible desde el servidor Jetty instalado en localhost; no obstante, si se exporta el mapa creado, se crea un visor que permite su publicación en otras webs, copiando el código HTML siguiente: `<iframe style="border: none;" height="400" width="600" src="http://localhost:8080/geoexplorer/viewer/#maps/2"></iframe>`. De esta forma, las capas publicadas pueden ser accesibles mediante otros servidores.

La vista previa del visor permite configurar el tamaño deseado y las herramientas que se desea tener en el menú de visualización como el zoom, medir, identificar, etc.

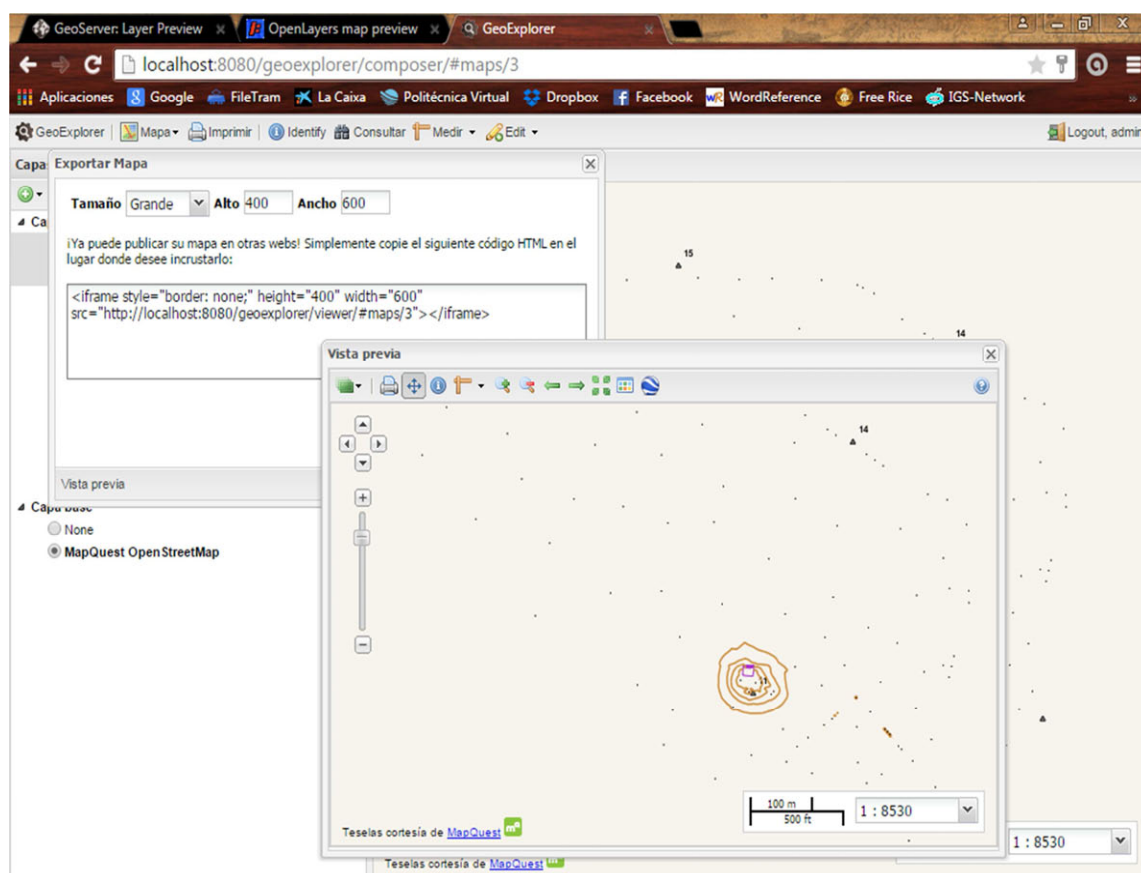


Fig. 98: Exportar mapa desde GeoExplorer.

Se prepara el geoportal de tal forma que las capas a seleccionar permitan ser representadas con y sin etiquetas, de forma que se incrementa la flexibilidad en la visualización de la información.

Se puede acceder al servidor mediante la dirección web:

<http://192.168.0.196:8080/geoexplorer/composer/#maps/2>

4. CONTROL DE CALIDAD DEL GEOPORTAL

Para finalizar esta fase del TFG, se realiza un control de calidad que subsane cualquier defecto del geoportal o que mejore alguna parte ya diseñada.

Se observa que se deben realizar ciertas modificaciones sobre el etiquetado de entidades, como por ejemplo en la capa de puntos de la red fundamental, en la que hay que limitar a dos decimales el etiquetado para conseguir una mejor legibilidad de la capa en el geoportal. Esta mejora se realiza mediante la configuración de un atributo en la base de datos. Se accede a las propiedades de la tabla correspondiente a los datos de la red y se modifica la longitud del dato de la columna “zvh”, que es la que ofrece la altitud.

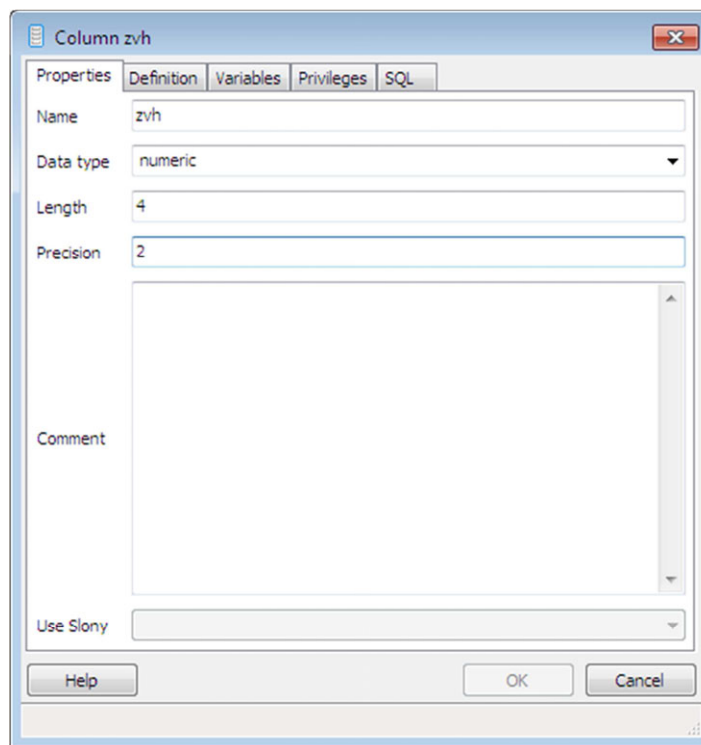


Fig. 99: Ajuste de la longitud del campo "zvh" en la BB.DD.

Más tarde, en el caso de la creación del almacén de datos ráster, se debe configurar la “cabecera de respuesta de caché”, lo que agilizará la respuesta Cliente/Servidor.



Fig. 100: Establecer cabecera de respuesta de caché.

El resultado final, tras el control de calidad, es un geoportal accesible desde GeoExplorer, cuya imagen se presenta a continuación.

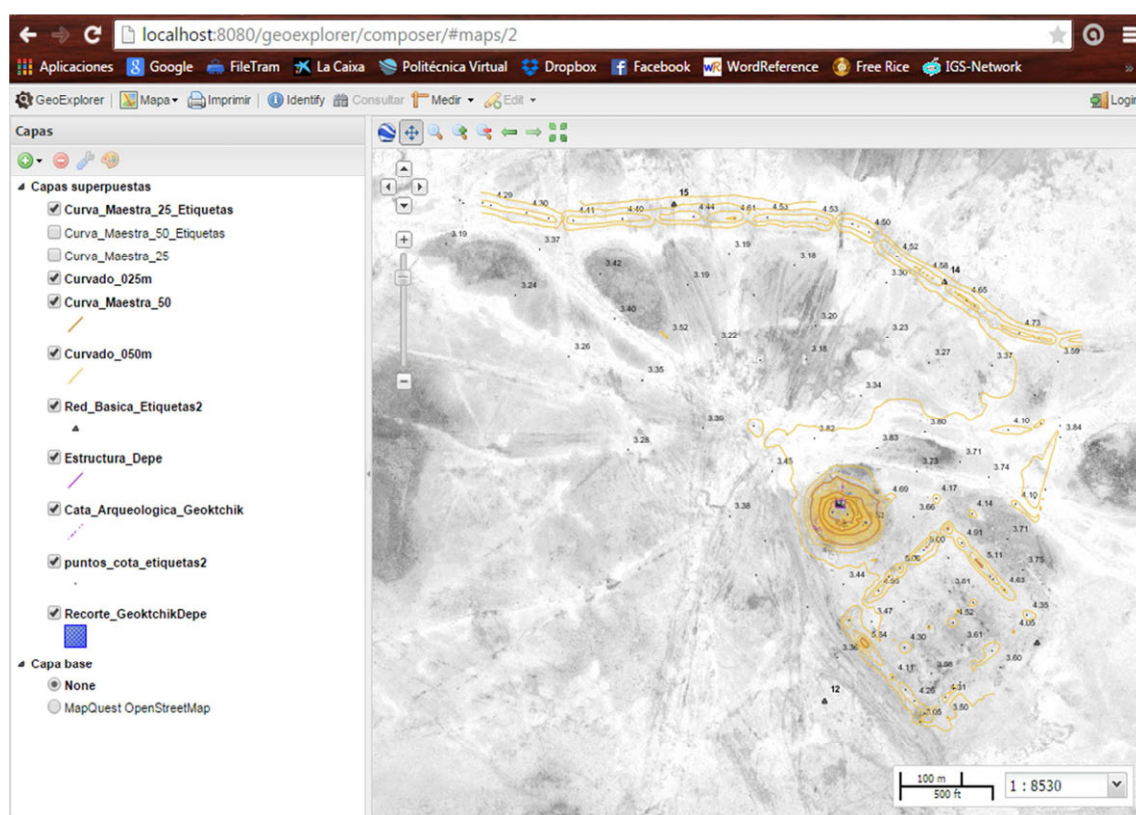


Fig. 101: Resultado del geoportal.

ANEXO V: PLANIFICACIÓN TEMPORAL DEL PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se aborda el planeamiento y la programación que se ha seguido durante todo el proyecto. Además, se plantean los recursos materiales empleados y las instalaciones utilizadas para la elaboración del TFG.

2. RECURSOS

2.1. RECURSOS MATERIALES

Se distingue entre recursos utilizados en la fase de campo y los recursos empleados durante la fase de gabinete, tal y como se detalla a continuación.

2.1.1 Adquisición de datos

El material empleado se compone, en la fase de campo, del instrumental y equipo auxiliar utilizados para elaborar los aspectos del TFG relacionados con la captura de información.

Se utilizan tres equipos Leica GNSS 1200+, incluyendo cada uno el material siguiente:

- Antena AX1202 GG
- Radio-modem
- Base nivelante
- Soporte GX1230.

Equipo auxiliar:

- Dos Jalones
- Tres trípodes
- Dos mochilas para el transporte de equipos
- Sujeciones de antena para RTK
- Dos soportes para controladoras
- Cuatro tarjetas Compact Flash (CF) de almacenamiento de datos
- Lector de tarjetas
- Ordenador portátil para descarga de datos
- Dos baterías de litio
- Nueve baterías de bolsillo
- Cargadores de baterías

- Manual Leica 1200+
- Flexómetro
- Elementos para la materialización de los vértices.

2.1.2 Procesamiento de los datos

Ordenador portátil Acer con las siguientes características:

- Procesador Intel Core i5
- Memoria RAM de 8 GB
- Tarjeta gráfica NVIDIA de 2 GB.

Ordenador de mesa hp con sistema operativo Windows.

- Procesador Intel Core Duo
- Memoria RAM de 2 GB.

Ordenador de mesa hp con sistema operativo Linux.

- Procesador Intel Core i5
- Memoria RAM 6 MB
- Tarjeta gráfica Graphics 2000.

Equipo auxiliar:

- Router WIFI
- Cable de red
- Plotter.

Software empleado:

- Carta Digital 5.7
- ArcGIS 10.0 for Desktop y ArcGIS 10.1 for Desktop, en particular, las extensiones ArcMap, ArcScene y ArcGIS for Server
- Esri Geoportal Server 1.1
- PostgreSQL 8.4.7
- Apache TomCat 6.0.43
- Java Development Kit with Runtime Environment versión SE 6 Update 24 JDK
- Complemento para conectar TomCat y Apache llamado Postgresql-8.4.701-jdbc4.jar
- MDTop versión X
- Microsoft Office 2010.
- Interp_2p5min.f: programa de interpolación en lenguaje FORTRAM para máquinas de tipo Little Endian

- Geoids. Programa de visualización del geoide global EGM08
- PAG versión 1.2: Programa de Aplicaciones Geodésicas del Instituto Geográfico Nacional
- BERNESE 5.0
- LGO, Leica Geo Office Combinado versión 6.0
- OpenGeo Suite 3.1 con las correspondientes aplicaciones de PostGIS, GeoServer y GeoExplorer integradas en él
- QuantumGIS (QGIS) Wien versión 2.8.1
- Atlas Styler 1.9.

2.2. INSTALACIONES

Las instalaciones utilizadas durante la producción del proyecto están situadas en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía, ubicada en el Campus Sur de la Universidad Politécnica de Madrid, km 7 de la carretera de Valencia. Se trata del aula de Proyectos y del laboratorio de Control Metrológico.

3. ACTIVIDADES DEL PROYECTO

3.1. TAREAS DESARROLLADAS

Las actividades del proyecto se desarrollan en tres bloques: planificación, elaboración y documentación del proyecto. A su vez, estos bloques se dividen en fases y estas en subfases generales:

Tabla 6: Fases del proyecto y subfases generales.

Bloque	Fase	Subfase
Planificación del proyecto		
		Plan de proyecto
		Aprobación del plan inicial
Elaboración del proyecto		
		Captura de datos
		Procesamiento de datos
		Cálculo de la red fundamental
		Edición cartográfica
		Geoportal
		Control de calidad
Documentación del proyecto		
		Redacción de la documentación
		Impresión de la documentación

Dentro de cada subfase, se pueden identificar tareas más concretas, desarrollando la ejecución de subfases.

Tabla 7: Desglose completo de procesos.

Bloque	Fase	Subfase	Tarea
Planificación del proyecto			
			Planeamiento del proyecto
			Definición del proyecto
			Propuesta del proyecto
			Aprobación del plan inicial
Elaboración del proyecto			
			Captura de datos
			Observación de la red fundamental
			Levantamiento topográfico
			Procesamiento de datos
			Cálculo de la red fundamental
			Descarga de datos
			Búsqueda y descarga de información complementaria
			Cálculo de la red básica y de la red de enlace
			Cálculo con Bernese
			Calculadores on-line
			Experimentación y cálculo con método PPP
			Preparación de ficheros y obtención del modelo de geoide
			Edición cartográfica
			Preparación de los datos para capas de ArcMap (<i>shapefile</i>)
			Integración, edición y diseño de elementos a representar
			Diseño de la cartografía a imprimir
			Separación de las series cartográficas según escala
			Control de calidad
			Geoportal
			Preparación de datos para el geoportal
			Pruebas y elección de software para el geoportal
			Instalación del software para el geoportal
			Establecimiento de la base de datos
			Carga e integración de datos en BB.DD
			Creación de simbología
			Publicación de capas en GeoServer
			Configuración del geoportal
			Carga de datos en geoportal
			Visualización final del geoportal
			Control de calidad
			Pruebas de impresión
			Correcciones finales e impresión
Documentación del proyecto			
			Redacción de la documentación del proyecto
			Impresión de la documentación

3.2. PAUTA TEMPORAL

En este apartado se muestra la disposición temporal programada para los diversos bloques, fases y subfases del proyecto.

3.2.1 Planificación del proyecto

El desglose temporal de cada tarea definida y programada en la planificación del proyecto es:

Tabla 8: Estructura temporal del bloque de planificación del proyecto.

Bloque	Fase	Subfase	Duración
Planificación del proyecto			
		Planeamiento del proyecto	5 d
		Definición del proyecto	1 d
		Propuesta del proyecto	3 d
		Aprobación del plan inicial	5 d

3.2.2 Elaboración del proyecto

Las tareas desarrolladas a lo largo del bloque de elaboración del proyecto siguen la pauta temporal siguiente:

Tabla 9: Estructura temporal del bloque de elaboración del proyecto.

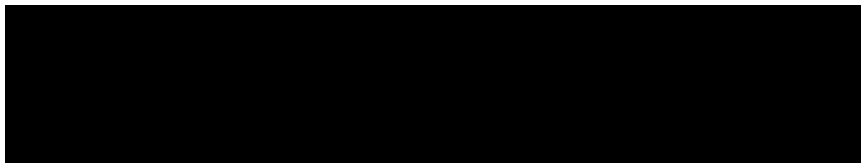
Bloque	Fase	Subfase	Tarea	Duración
Elaboración del proyecto				
			Captura de datos	7 d
			Observación de la red fundamental	1 d
			Levantamiento topográfico	6 d
			Procesamiento de datos	194 d
			Cálculo de la red fundamental	36 d
			Descarga de datos	1 d
			Búsqueda y descarga de información complementaria	4 d
			Cálculo de la red básica y de la red de enlace	15 d
			Cálculo con Bernese	2 d
			Calculadores on-line	2 d
			Experimentación y cálculo con método PPP	4 d
			Preparación de ficheros y obtención del modelo de geoide	8 d
			Edición cartográfica	97 d

Preparación de los datos para capas de ArcMap (<i>shapefile</i>)	8 d
Integración, edición y diseño de elementos a representar	34 d
Diseño de la cartografía a imprimir	25 d
Separación de las series cartográficas según escala	20 d
Control de calidad	10 d
Geoportal	61 d
Preparación de datos para el geoportal	2 d
Pruebas y elección de software para el geoportal	20 d
Instalación del software para el geoportal	3 d
Establecimiento de la base de datos	4 d
Carga e integración de datos en BB.DD	2 d
Creación de simbología	4 d
Publicación de capas en GeoServer	10 d
Configuración del geoportal	8 d
Carga de datos en geoportal	5 d
Visualización final del geoportal	3 d
Control de calidad	6 d
Pruebas de impresión	2 d
Correcciones finales e impresión	4 d

3.2.3 Documentación del proyecto

Por último, se muestra el desglose de tareas y su dedicación temporal para el bloque denominado documentación del proyecto.

Tabla 10: Estructura temporal del bloque de documentación del proyecto.



DOCUMENTO N° 3: PLANOS

1. INTRODUCCIÓN

La norma UNE 157001:2014, que responde a los criterios generales para la elaboración de proyectos, especifica la necesidad de este documento. En él se compilan los mapas de localización incluidos en la leyenda de la cartografía elaborada, la distribución en hojas de las series cartográficas, las reseñas de los vértices de la red fundamental y naturalmente, los planos.

1.1. MAPAS DE LOCALIZACIÓN

Para la localización de la zona cartografiada se han seleccionado dos imágenes que permitirán situar Turkmenistán en un entorno geográfico global, y dentro del país, la ubicación del yacimiento en el que se ha desarrollado este TFG.

La imagen del globo terráqueo con la señalización de Turkmenistán permite, a cualquiera que vea la cartografía, situar el país dentro del entorno geográfico en el que se halla.



Fig. 102: Mapamundi centrado en Turkmenistán.

El segundo mapa de localización incluido en la cartela de la cartografía es un plano de situación ya centrado en el país. Su objetivo es mostrar de forma sencilla y general dónde se encuentra el yacimiento de Geoktchik Depe dentro del país.



Fig. 103: Mapa de localización del yacimiento Geoktchik Depe.

1.2. DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

La extensión de la zona a cartografiar impide, a escalas 1/500 y 1/250, su representación en una única hoja.

Los mapas a escala 1/1000 tienen formato adaptado a una hoja única de tamaño (1210x980) mm. A esta escala se permite ver toda la distribución del yacimiento, es decir, es una escala que sirve para tener una visión de conjunto.

Como se dispone de una imagen de satélite del yacimiento se compone un mapa de escala pequeña, 1/1000, cuyo fondo es la imagen.

La serie 1/500 se ha distribuido en seis hojas de tamaño (1010x720) mm, cuya distribución se presenta a continuación:

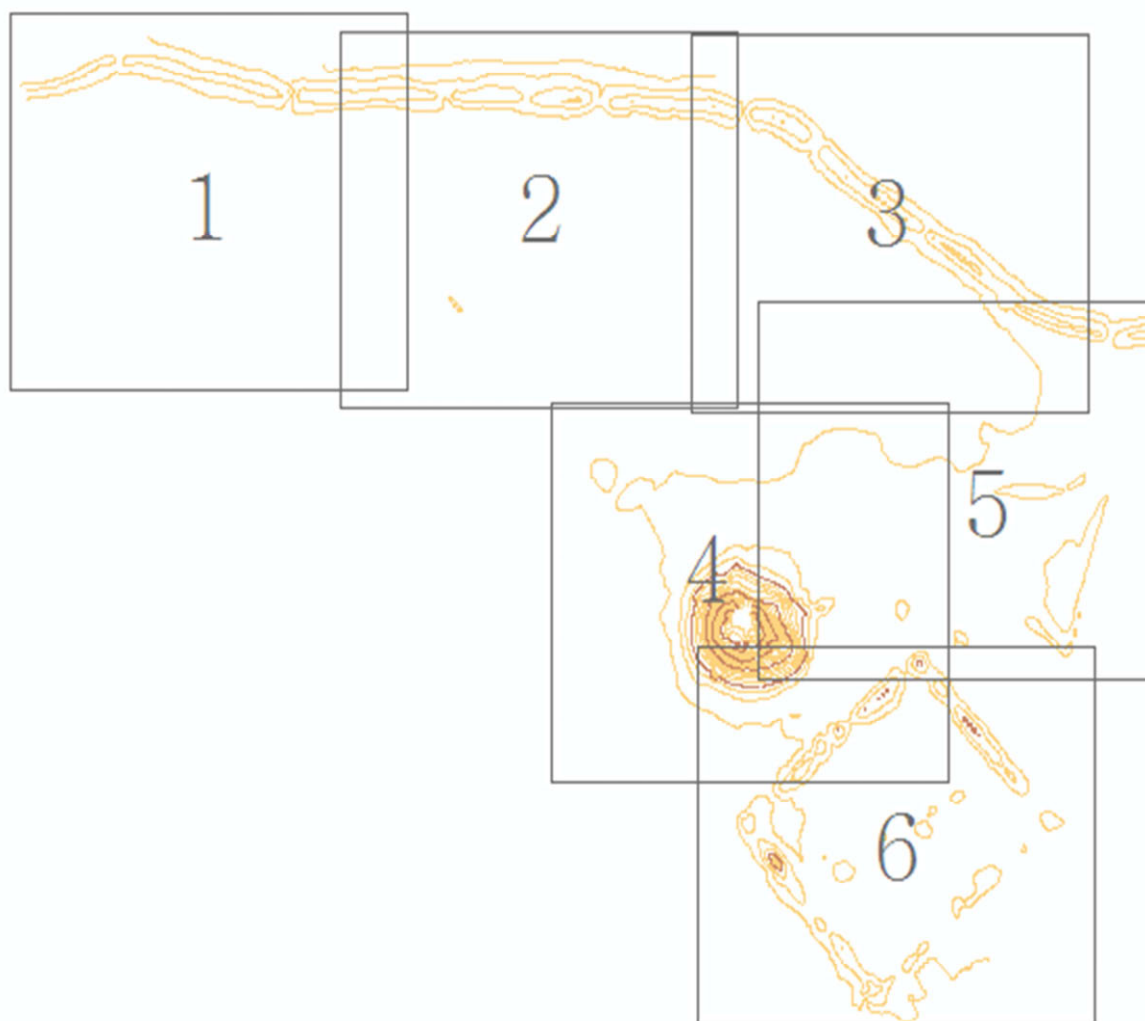


Fig. 104: Distribución de hojas de la serie 1/500.

Por su parte, la serie 1/250 se ha distribuido en cinco hojas de tamaño (1010x720) mm, centrándose únicamente en las dos zonas arqueológicamente más interesantes: el tell y el asentamiento sasánido-islámico. La distribución de dicha serie se presenta a continuación:

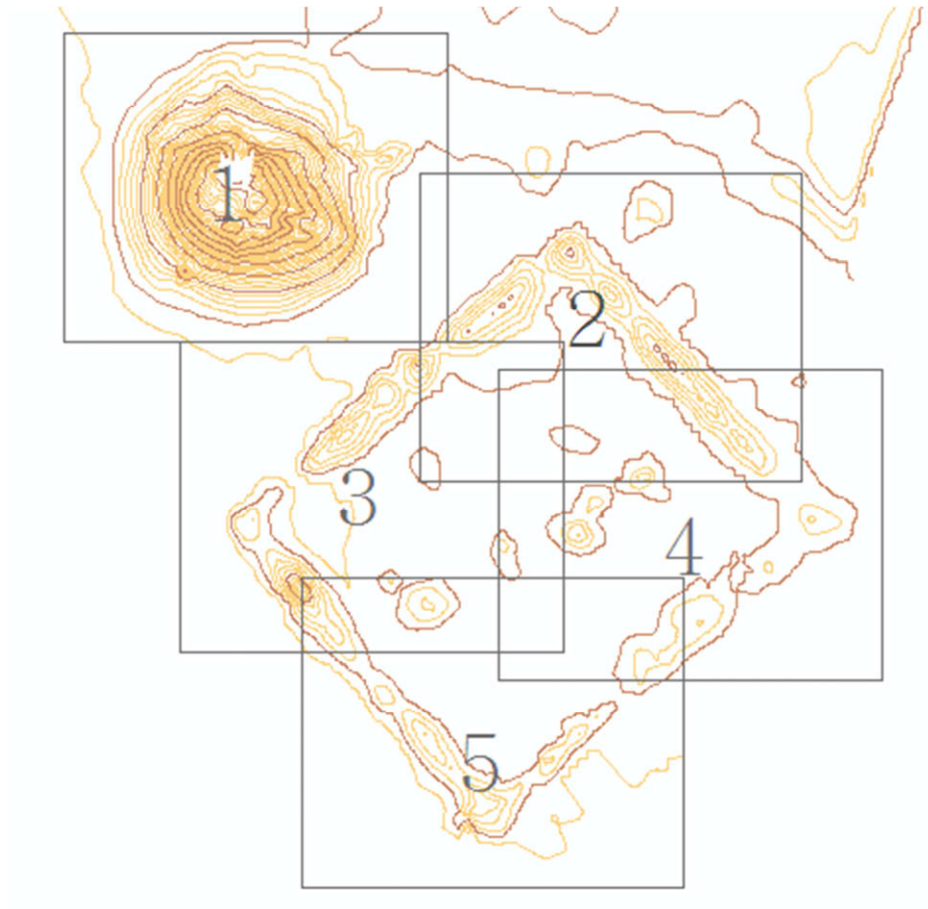


Fig. 105: Distribución de hojas de la serie 1/250.

La cartografía final incluye mapas con imagen satelital y sin imagen en las tres escalas ya mencionadas.

1.3. RESEÑAS DE LOS VÉRTICES DE LA RED

A continuación, se muestran las reseñas de los cinco vértices de la red fundamental observados por técnicas GNSS, método estático-rápido.

Las reseñas constan de una fotografía del vértice, croquis de posición respecto al entorno, descripción literal y sistema de referencia con coordenadas geográficas y coordenadas proyectadas UTM huso 40N.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

VÉRTICE N° 11

COORDENADAS

UTM – 40N		Geográficas	
E	276835,114 m	φ	38° 14’ 52,542” N
N	4236399,501m	λ	54° 26’ 57,751” W
Altura elipsoidal		-5,474 m	
Altura ortométrica		12,568 m	
Cte. Anamorfosis lineal		1,00021323	
Precisiones:			
σ_E	0,032 m	σ_N	0,020 m
		σ_h	0,005 m

Fecha de señalización 15 de mayo de 2014

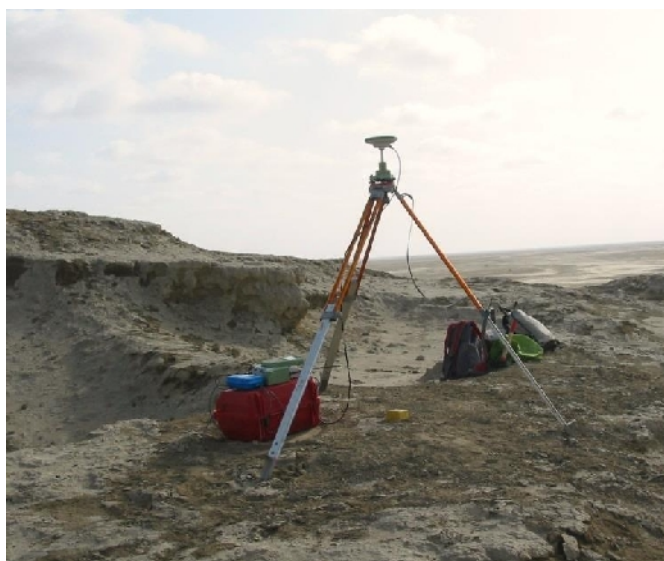
Tipo de señal Hito *Feno*



SITUACIÓN

Yacimiento de Geoktchik Depe, llanura del Dehistán, Turkmenistán.

Vértice situado en la parte más alta del tell. En dirección norte, siguiendo en línea recta, se encuentra una gran estructura de abobe de catorce metros de profundidad.





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

VÉRTICE N° 12

COORDENADAS

UTM - 40N

E 276792,704 m φ 38° 14' 43,25464" N

N 4236114,149 m λ 54° 26' 57,75083" W

Altura elipsoidal -14,670 m

Altura ortométrica 3,361 m

Cte. Anamorfosis lineal 1,00021347

Precisiones:

σ_E

σ_N

σ_H

Fecha de señalización 15 de mayo de 2014

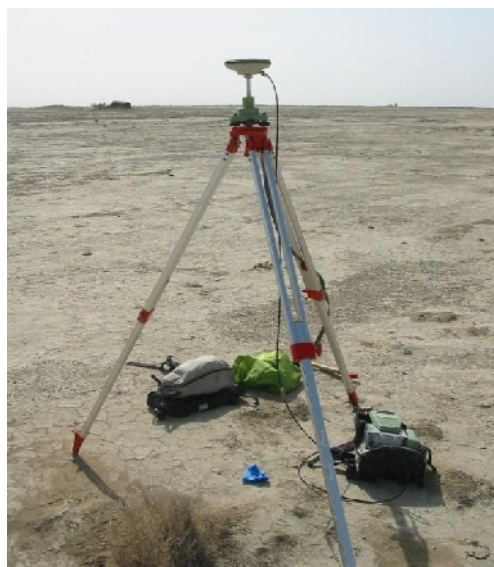
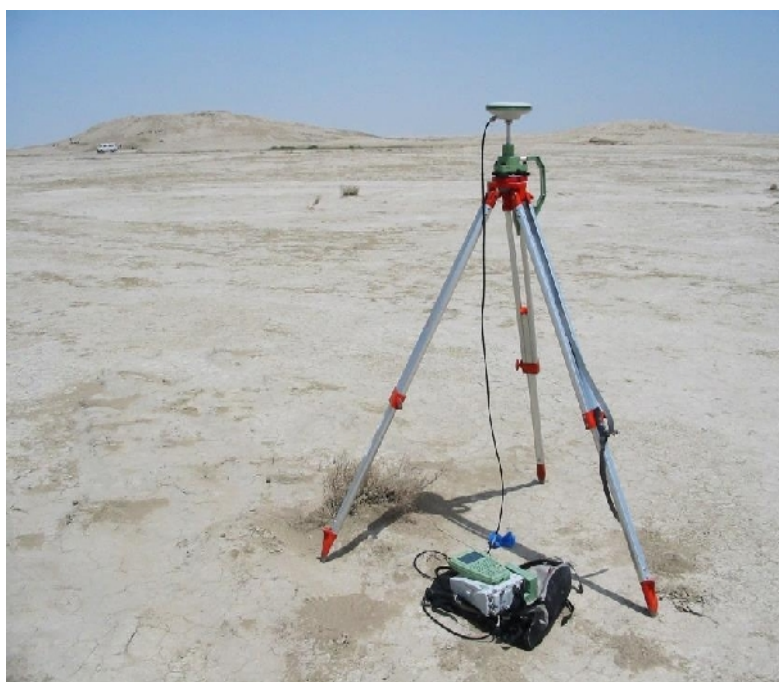
Tipo de señal Hito *Feno*



SITUACIÓN

Yacimiento de Geoktchik Depe, llanura del Dehistán, Turkmenistán.

El vértice está situado en la cara oeste del asentamiento sasánido-islámico. Visible desde él, en la esquina inferior izquierda del asentamiento, se localiza un gran tanque oxidado. Al norte se sitúa el tell con gran estructura de abobe.





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

VÉRTICE N° 13

COORDENADAS

UTM – 40N

E 277154,126 m φ 38° 14' 46,36079" N

N 4236200,022 m λ 54° 27' 12,50816" W

Altura elipsoidal -14,379 m

Altura ortométrica 3,659 m

Cte. Anamorfosis lineal 1,00021148

Precisiones:

σ_E

σ_N

σ_H

Fecha de señalización 15 de mayo de 2014

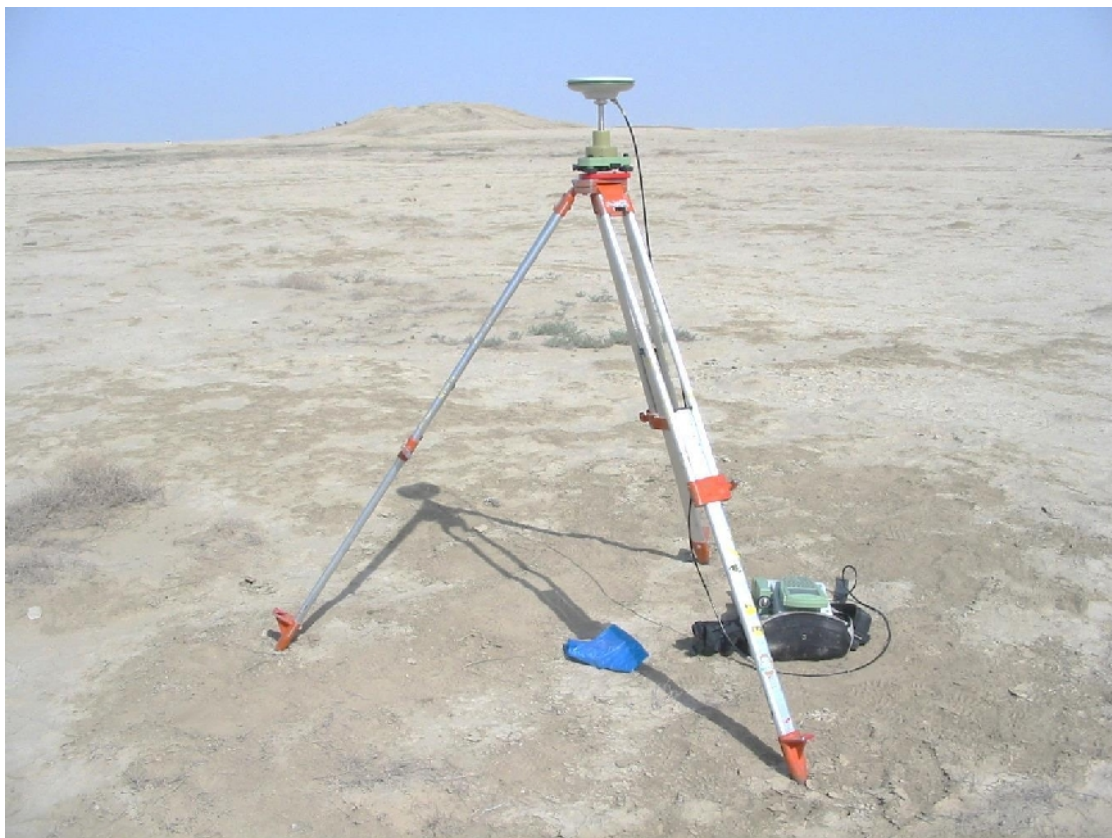
Tipo de señal Hito *Feno*



SITUACIÓN

Yacimiento de Geoktchik Depe, llanura del Dehistán, Turkmenistán.

El vértice se localiza en la muralla sur del asentamiento sasánido-islámico. Al noroeste se sitúa el tell con una gran estructura de abobe.





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

VÉRTICE N° 14

COORDENADAS

UTM - 40N

E 277013,941 m **φ** 38° 15' 5,27353" N
N 4236787,377 m **λ** 54° 27' 6,08134" W

Geográficas

Altura elipsoidal -14,219 m
Altura ortométrica 3,839 m
Cte. Anamorfosis lineal 1,00021225

Precisiones:

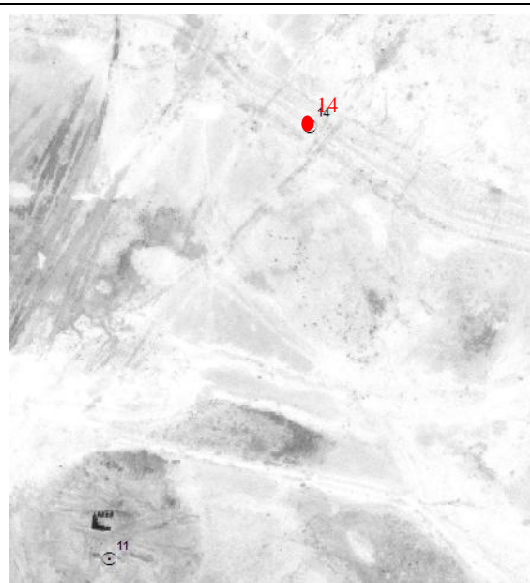
σ_E

σ_N

σ_H

Fecha de señalización 15 de mayo de 2014

Tipo de señal Hito *Feno*

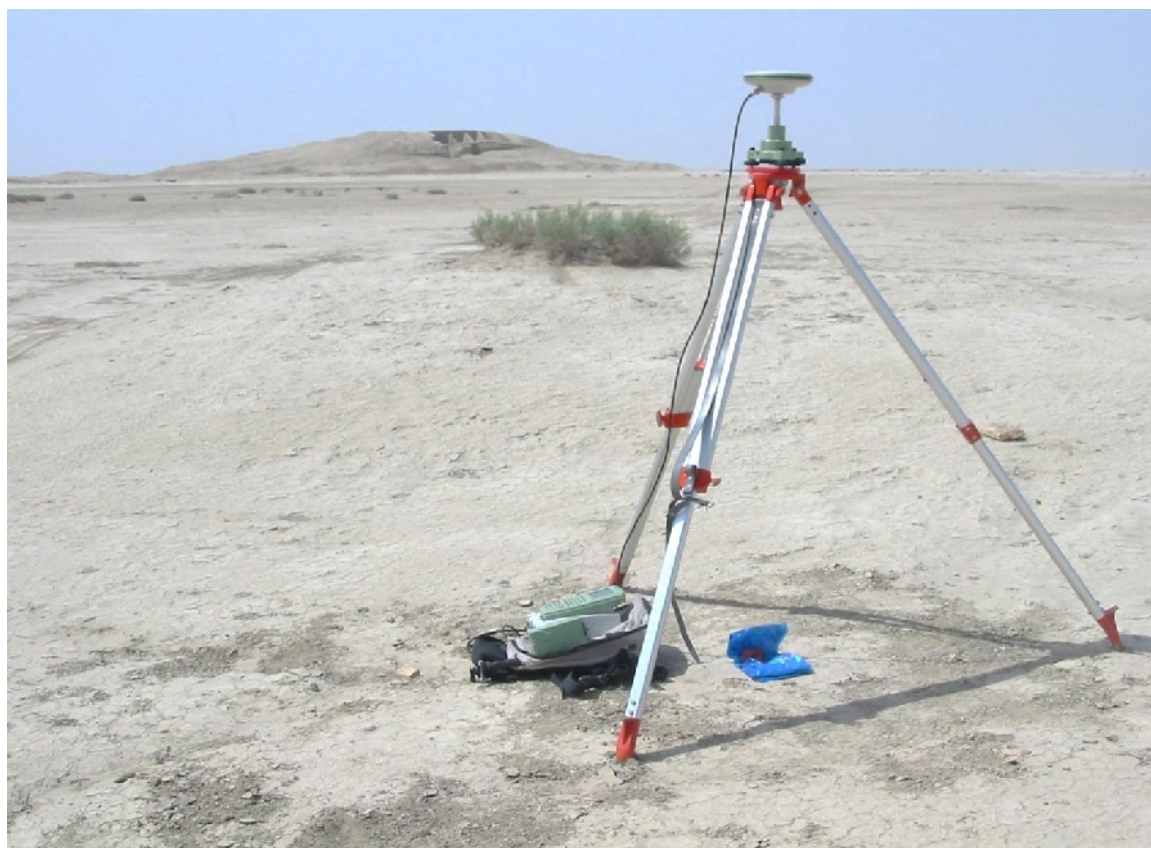


SITUACIÓN

Yacimiento de Geoktchik Depe, llanura del Dehistán, Turkmenistán.

El vértice se sitúa sobre antiguo canal de agua, ahora sólo visible por la elevación existente.

Al sur se sitúa el asentamiento sasánida-islámico. Al suroeste, el tell con gran estructura de adobe.





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA, GEODESIA Y CARTOGRAFÍA

VÉRTICE N° 15

COORDENADAS

UTM – 40N

E 276560,360 m

N 4236925,592 m

Altura elipsoidal

Altura ortométrica

Cte. Anamorfosis lineal

Precisiones:

σ_E

σ_N

σ_H

Geográficas

ϕ 38° 15' 9,34798" N

λ 54° 26' 47,28070" W

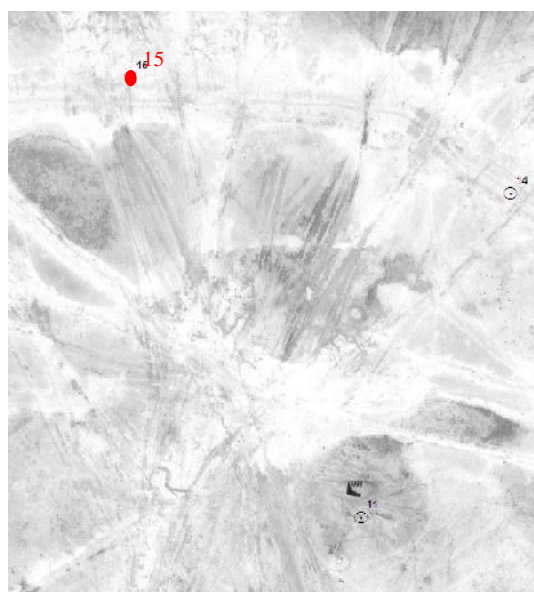
-14,872 m

3,186 m

1,00021474

Fecha de señalización 15 de mayo de 2014

Tipo de señal Hito *Feno*

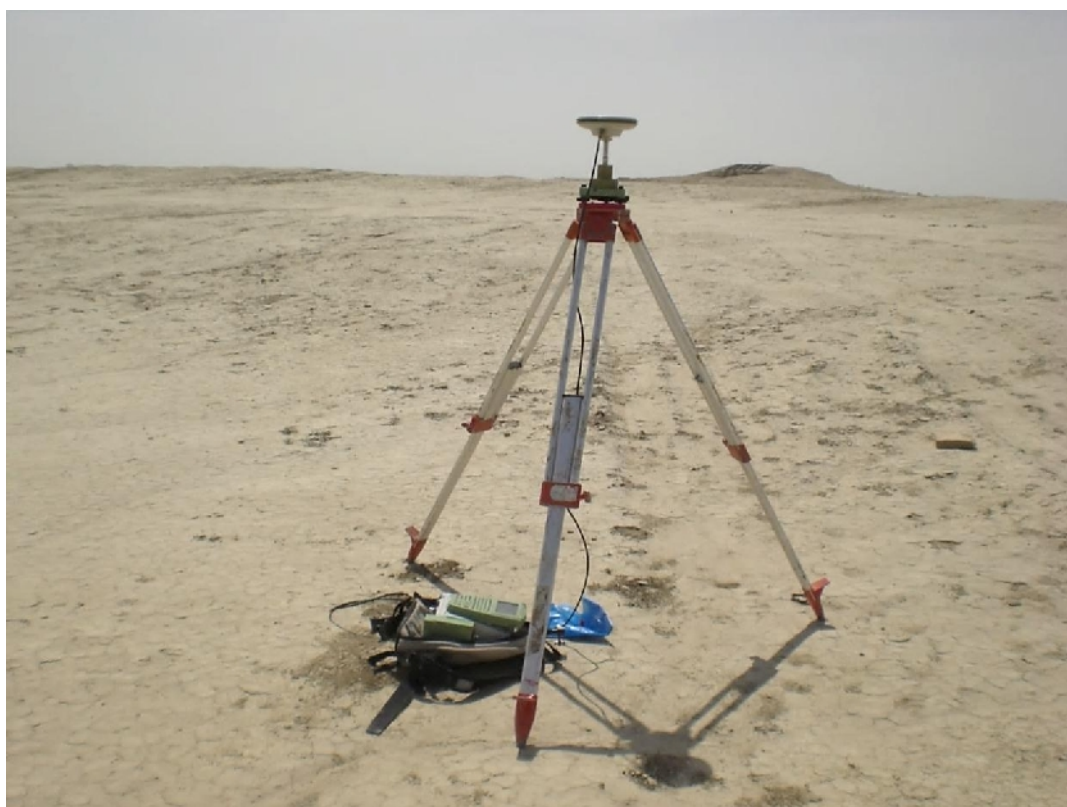


SITUACIÓN

Yacimiento de Geoktchik Depe, llanura del Dehistán, Turkmenistán.

Desde el vértice en dirección sur se sitúa un antiguo canal de agua.

Al sureste, aproximadamente a 500 metros se localiza un tell con una gran estructura de adobe. Al suroeste del tell se encuentra un asentamiento sasánida-islámico.



2. MAPAS

Ver mapas en el DVD anexo al final del presente TFG.

Geoktchik Depe

Turkmenistán

Leyenda

- Altitud
- 15 Vertice de red básica
- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel
- Curva de depresión
- Cata arqueológica
- Estructura

Escala 1:1.000

0 10 20 40 60 80 metros

Proyección UTM 40 Norte
Sistema de referencia ETRS88
Elipsoide WGS-84
Geode EG2008
Equidistancia 0,50 metros

Mapa de Situación

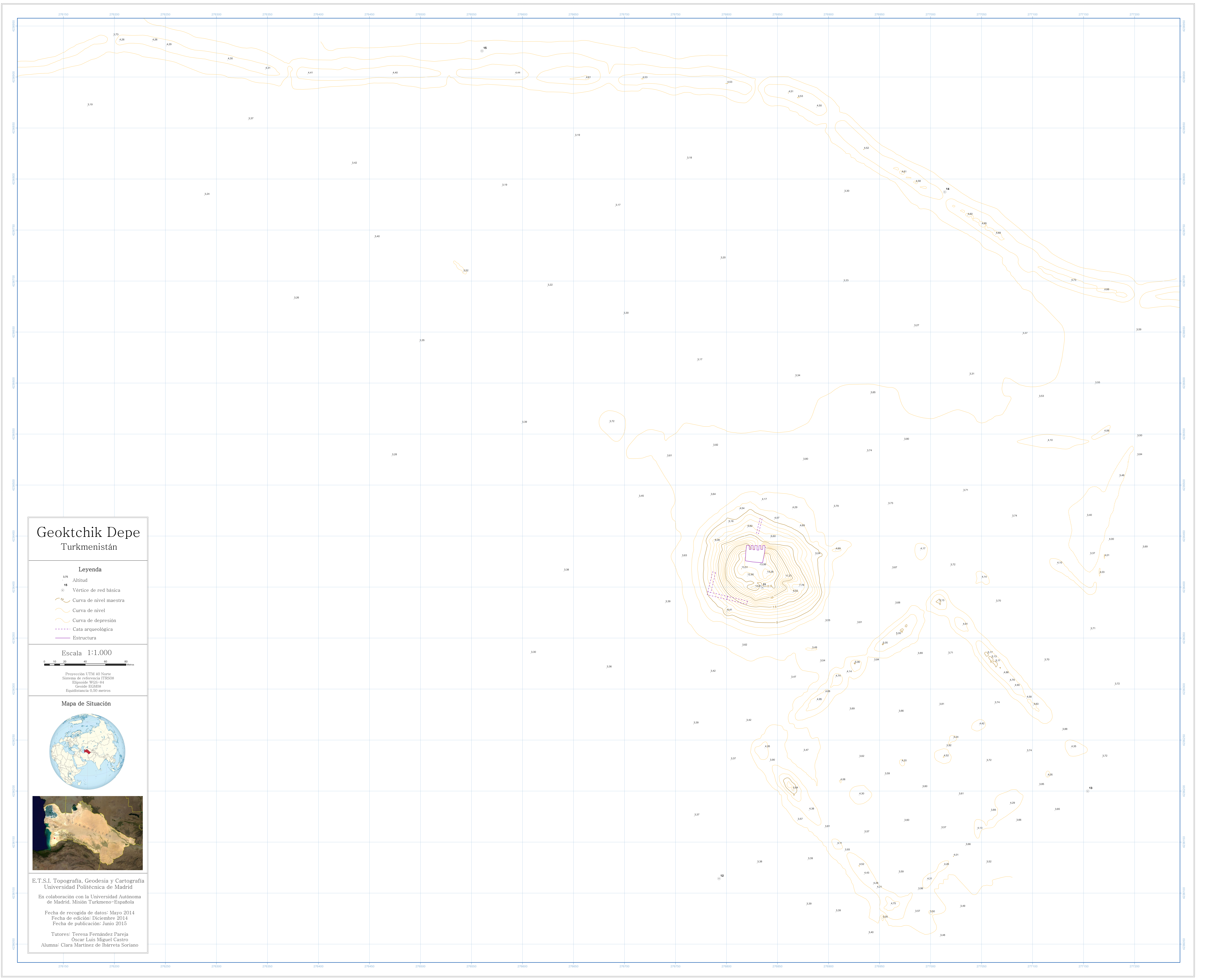
E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid

En colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid. Misión Turkmene-Española

Fecha de recogida de datos: Mayo 2014
Fecha de edición: Diciembre 2014
Fecha de publicación: Junio 2015

Tutores: Teresa Fernández Pareja
Oscar Luis Miguel Castro

Alumna: Clara Martínez de Ibarreta Soriano



Geoktchik Depe

Turkmenistán

Leyenda

- 3.75 Altitud
- 15 Vértice de red básica
- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel
- Curva de depresión
- Cata arqueológica
- Estructura

Escala 1:1.000

0 10 20 40 60 80 metros

Proyección UTM 40 Norte
Sistema de referencia ETRS88
Elipsoide WGS-84
Geóide EGM08
Equidistancia 0,50 metros

Mapa de Situación

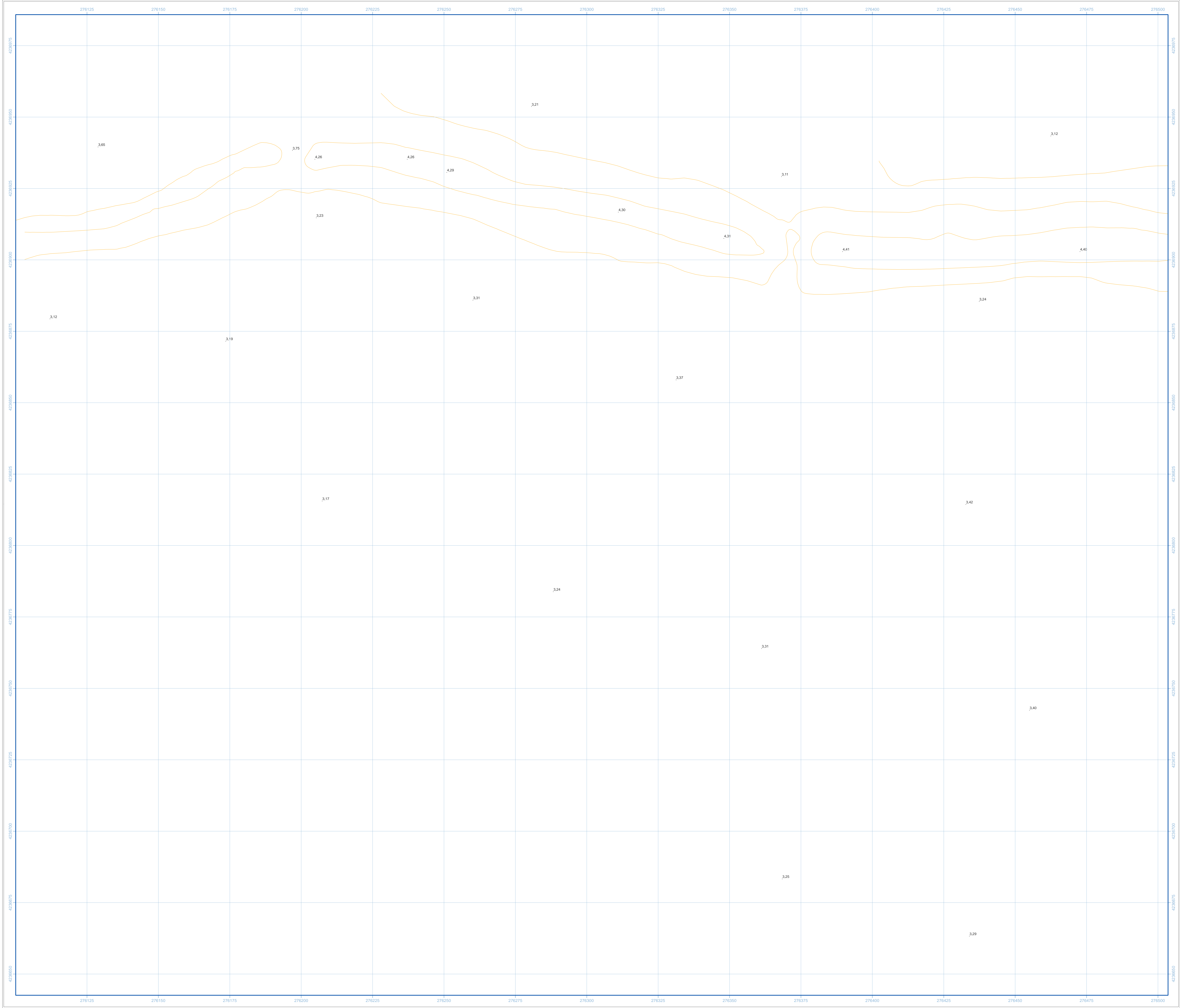


E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid

En colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid. Misión Turkmene-Española

Fecha de recogida de datos: Mayo 2014
Fecha de edición: Diciembre 2014
Fecha de publicación: Junio 2015

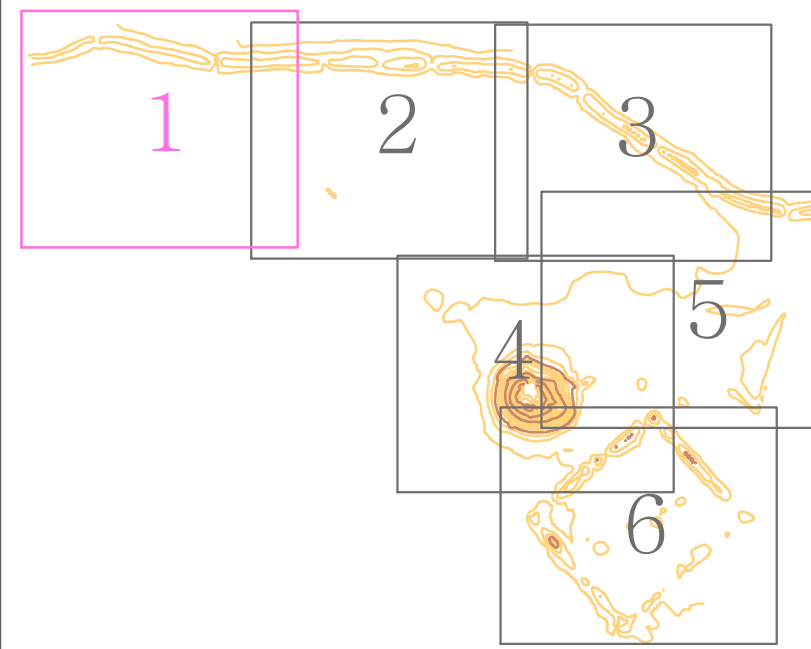
Tutores: Teresa Fernández Pareja
Oscar Luis Miguel Castro
Alumna: Clara Martínez de Ibarreta Soriano



Geoktchik Depe

Turkmenistán

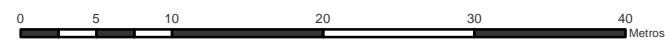
Hoja 1 de 6



Leyenda

- Altitud
- Vértice de red básica
- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel
- Curva de depresión
- Cata arqueológica
- Estructura

Escala 1:500



Proyección UTM 40 Norte
Sistema de referencia ITRS08
Elipsoide WGS-84
Geoide EGM08
Equidistancia 0,50 metros

Mapa de Situación



E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid

En colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid
MisiónTurkmeno-Española

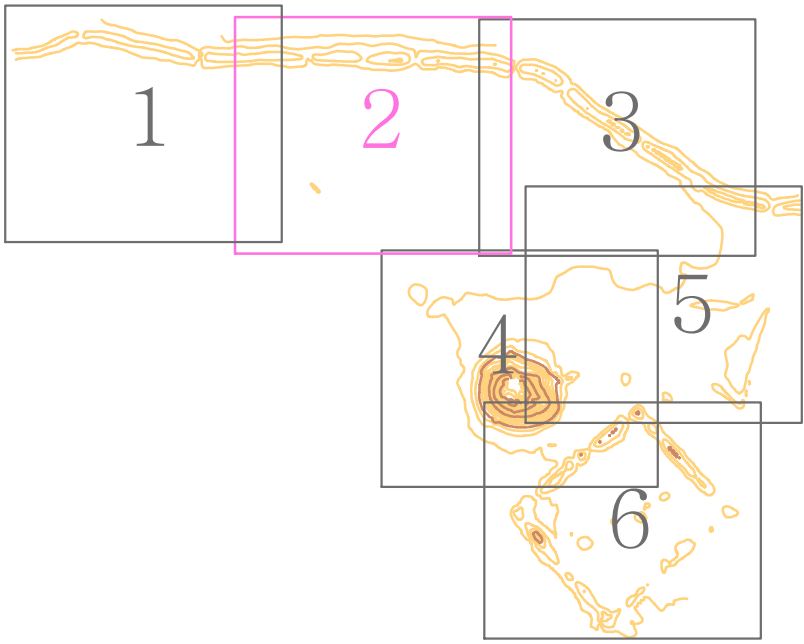
Fecha de recogida de datos: Mayo 2014
Fecha de edición: Diciembre 2014
Fecha de publicación: Junio 2015

Tutores: Teresa Fernández Pareja
Óscar Luis Miguel Castro
Alumna: Clara Martínez de Ibárreta Soriano

Geoktchik Depe

Turkmenistán

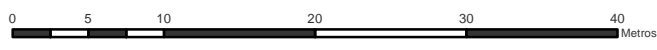
Hoja 2 de 6



Leyenda

- Altitud
- Vértice de red básica
- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel
- Curva de depresión
- Cata arqueológica
- Estructura

Escala 1:500



Proyección UTM 40 Norte
Sistema de referencia ITRS08
Elipsoide WGS-84
Geoide EGM08
Equidistancia 0,50 metros

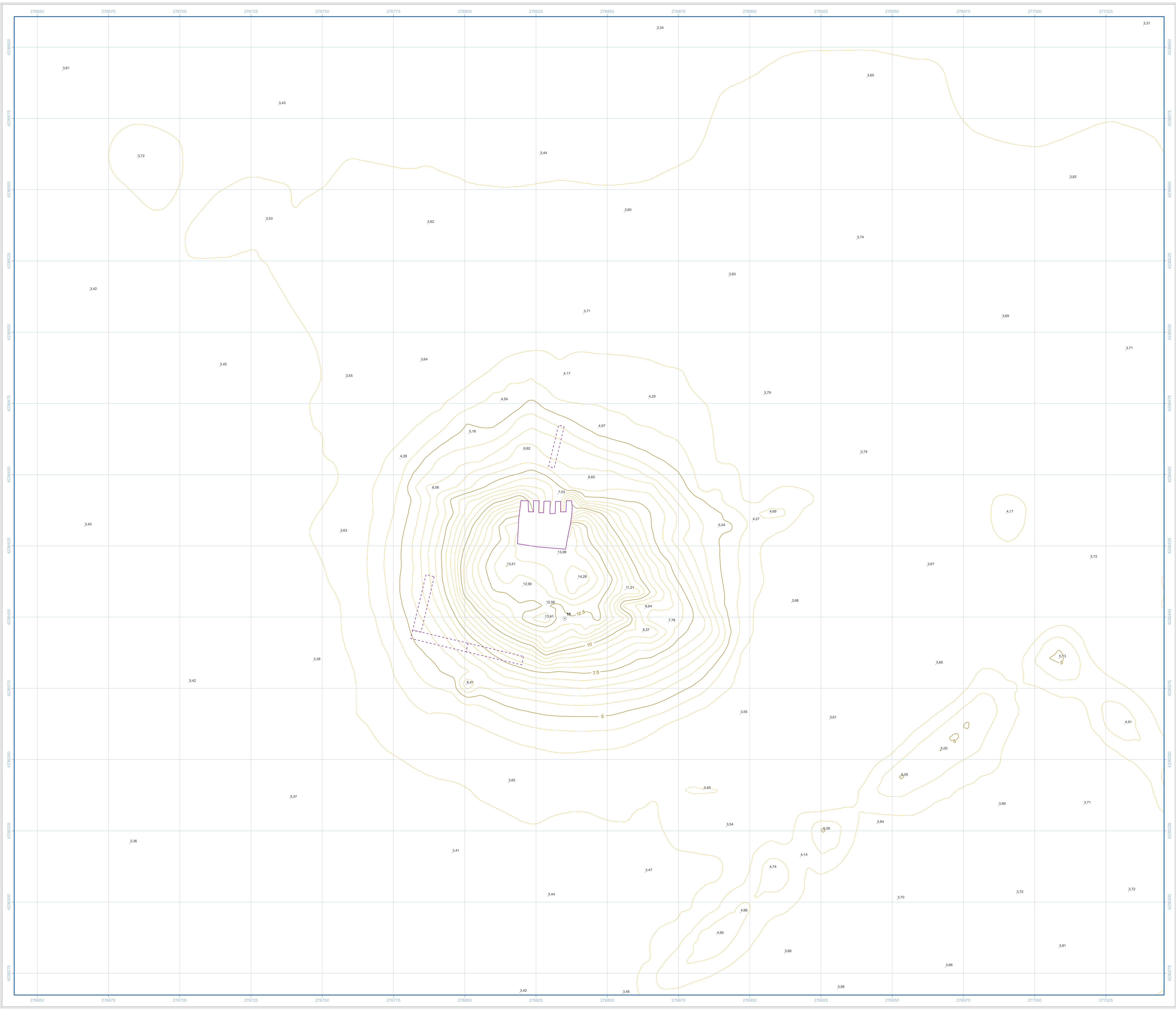
Mapa de Situación



E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid
En colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid
MisiónTurkmeno-Española

Fecha de recogida de datos: Mayo 2014
Fecha de edición: Diciembre 2014
Fecha de publicación: Junio 2015

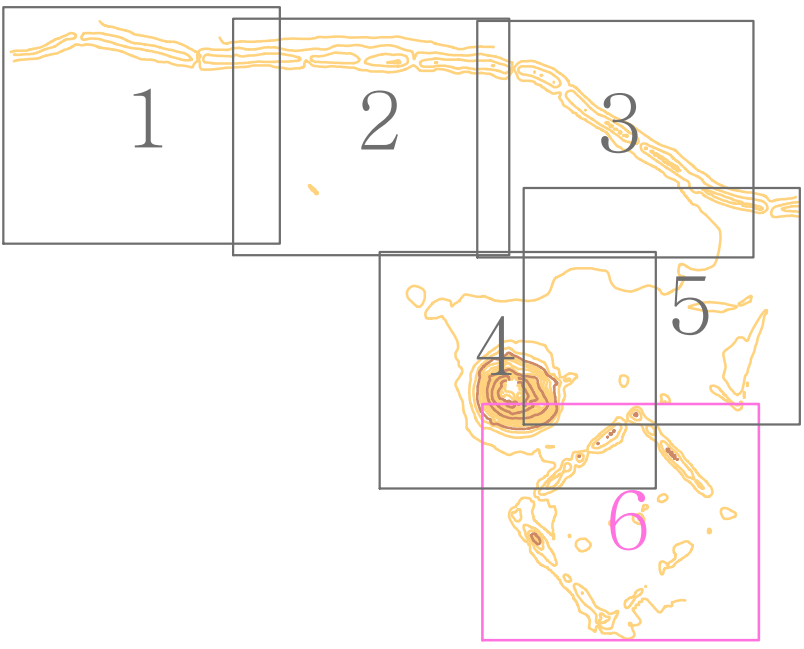
Tutores: Teresa Fernández Pareja
Óscar Luis Miguel Castro
Alumna: Clara Martínez de Ibárreta Soriano



Geoktchik Depe

Turkmenistán

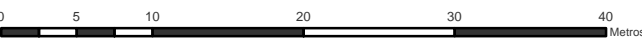
Hoja 6 de 6



Leyenda

- Altitud
- Vértice de red básica
- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel
- Curva de depresión
- Cata arqueológica
- Estructura

Escala 1:500



Proyección UTM 40 Norte
Sistema de referencia ITRS08
Elipsoide WGS-84
Geode EGM08
Equidistancia 0,50 metros

Mapa de Situación

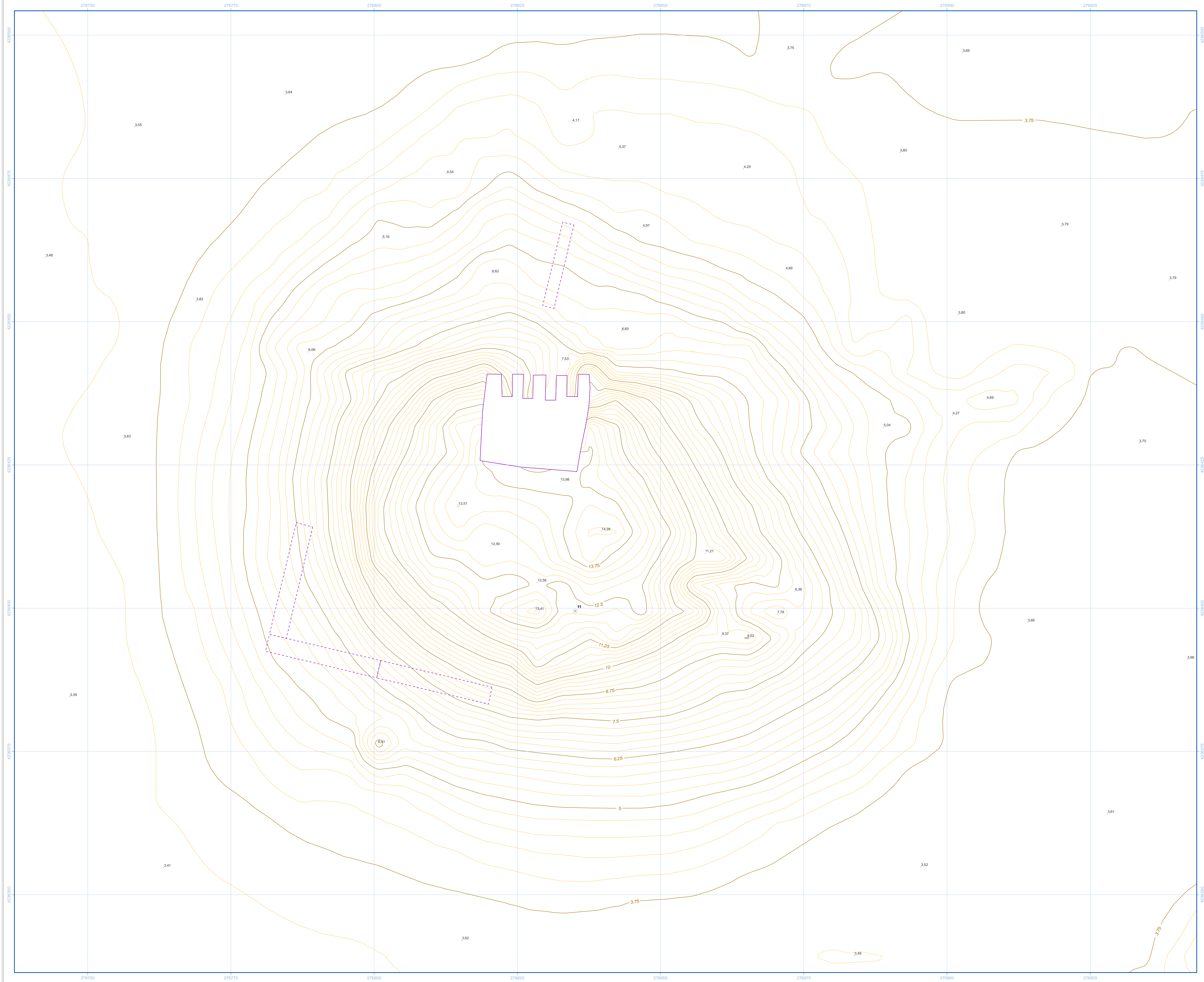


E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid

En colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid
MisiónTurkmeno-Española

Fecha de recogida de datos: Mayo 2014
Fecha de edición: Diciembre 2014
Fecha de publicación: Junio 2015

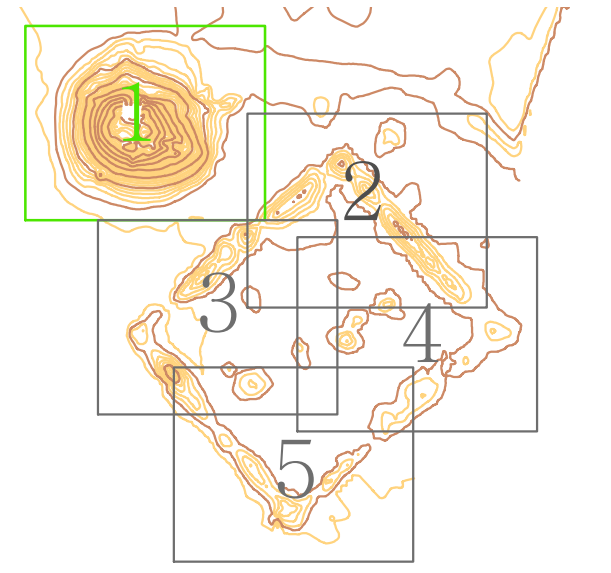
Tutores: Teresa Fernández Pareja
Óscar Luis Miguel Castro
Alumna: Clara Martínez de Ibarreta Soriano










Geoktchik Depe

Turkmenistán

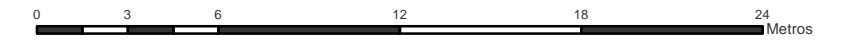
Hoja 1 de 5



Leyenda

-  Altitud
-  Vértice de red básica
-  Curva de nivel maestra
-  Curva de nivel
-  Curva de depresión
-  Cata arqueológica
-  Estructura

Escala 1:250



Proyección UTM 40 Norte
Sistema de referencia ITRS08
Elipsoide WGS-84
Geoid EGM08
Equidistancia 0.25 metros

Mapa de Situación



E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid
En colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid
Misión Turkmeno-Española

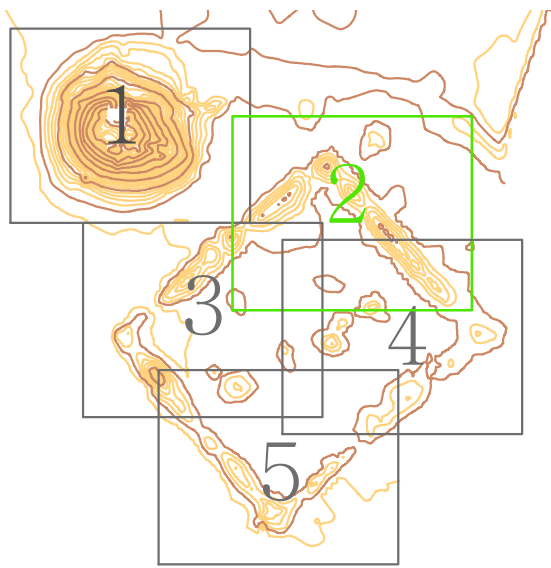
Fecha de recogida de datos: Mayo 2014
Fecha de edición: Diciembre 2014
Fecha de publicación: Junio 2015

Tutores: Teresa Fernández Pareja
Óscar Luis Miguel Castro
Alumna: Clara Martínez de Ibárreta Soriano

Geoktchik Depe

Turkmenistán

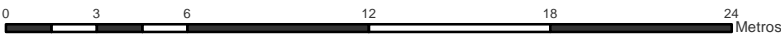
Hoja 2 de 5



Leyenda

- Altitud
- Vértice de red básica
- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel
- Curva de depresión
- Cata arqueológica
- Estructura

Escala 1:250



Proyección UTM 40 Norte
Sistema de referencia ITRS08
Elipsoide WGS-84
Geoido EGM08
Equidistancia 0.25 metros

Mapa de Situación



E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid
En colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid
Misión Turkmeno-Española

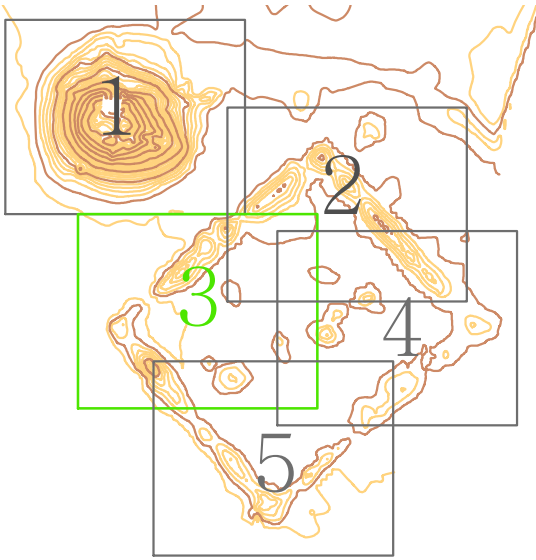
Fecha de recogida de datos: Mayo 2014
Fecha de edición: Diciembre 2014
Fecha de publicación: Junio 2015

Tutores: Teresa Fernández Pareja
Óscar Luis Miguel Castro
Alumna: Clara Martínez de Ibárreta Soriano

Geoktchik Depe

Turkmenistán

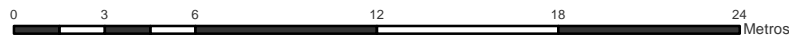
Hoja 3 de 5



Leyenda

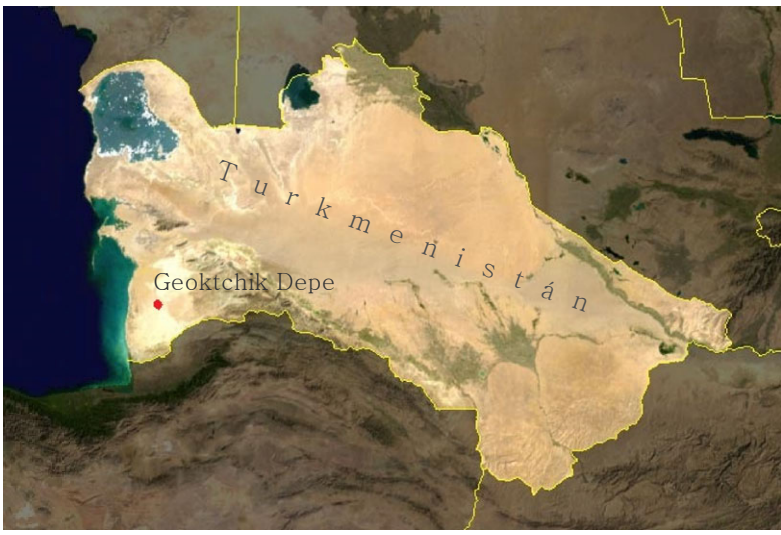
- Altitud
- Vértice de red básica
- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel
- Curva de depresión
- Cata arqueológica
- Estructura

Escala 1:250



Proyección UTM 40 Norte
Sistema de referencia ITRS08
Elipsoide WGS-84
Geode EGM08
Equidistancia 0.25 metros

Mapa de Situación



E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid
En colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid
Misión Turkmemo-Española

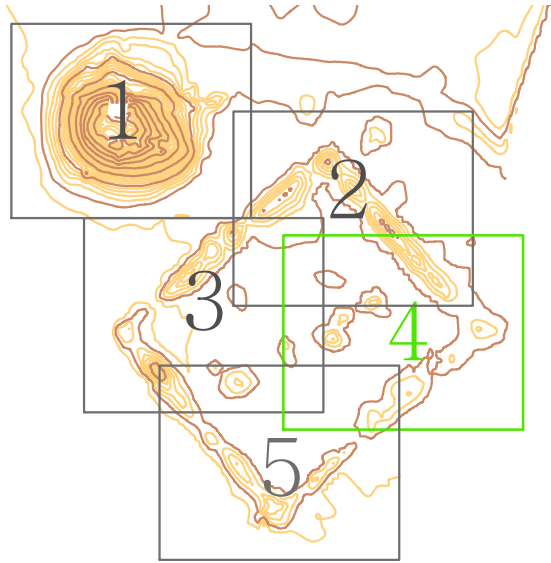
Fecha de recogida de datos: Mayo 2014
Fecha de edición: Diciembre 2014
Fecha de publicación: Junio 2015

Tutores: Teresa Fernández Pareja
Óscar Luis Miguel Castro
Alumna: Clara Martínez de Ibárreta Soriano

Geoktchik Depe

Turkmenistán

Hoja 4 de 5



- Leyenda**
- Altitud
 - Vértice de red básica
 - Curva de nivel maestra
 - Curva de nivel
 - Curva de depresión
 - Cata arqueológica
 - Estructura

Escala 1:250

Proyección UTM 40 Norte
Sistema de referencia ITRS08
Elipsoide WGS-84
Craide EGM08
Equidistancia 0.25 metros

Mapa de Situación



E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid
En colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid
Misión Turkmno-Española

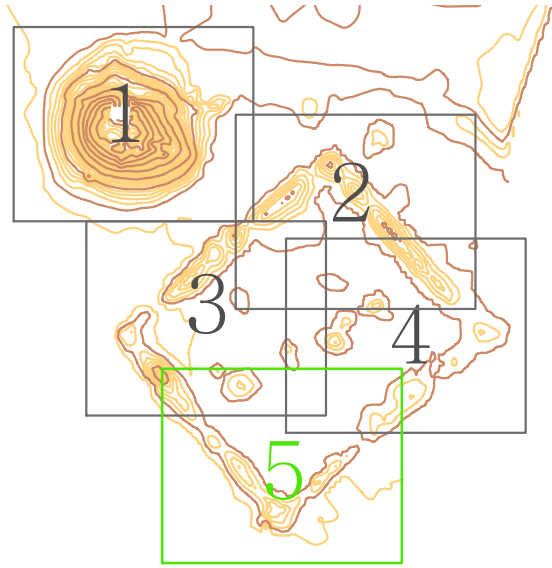
Fecha de recogida de datos: Mayo 2014
Fecha de edición: Diciembre 2014
Fecha de publicación: Junio 2015

Tutores: Teresa Fernández Pareja
Óscar Luis Miguel Castro
Alumna: Clara Martínez de Ibárreta Soriano

Geoktchik Depe

Turkmenistán

Hoja 5 de 5



Leyenda

- Altitud
- Vértice de red básica
- Curva de nivel maestra
- Curva de nivel
- Curva de depresión
- Cata arqueológica
- Estructura

Escala 1:250



Proyección UTM 40 Norte
Sistema de referencia ITRS08
Elipsoide WGS-84
Craide EGM08
Equidistancia 0.25 metros

Mapa de Situación



E.T.S.I. Topografía, Geodesia y Cartografía
Universidad Politécnica de Madrid
En colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid
Misión Turkmemo-Española

Fecha de recogida de datos: Mayo 2014
Fecha de edición: Diciembre 2014
Fecha de publicación: Junio 2015

Tutores: Teresa Fernández Pareja
Óscar Luis Miguel Castro
Alumna: Clara Martínez de Ibárreta Soriano

DOCUMENTO N° 4: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES

1. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

1.1. INTRODUCCIÓN

Este documento describe las características técnicas y las recomendaciones que se deben tener en cuenta para la elaboración de este proyecto, así como la adecuación a las normas convencionales de los productos cartográficos elaborados, de tal forma que se alcance un modelo homogéneo en los resultados.

El alcance del este pliego de prescripciones englobará todo producto cartográfico obtenido en el TFG: resultados de la red fundamental, mapas en formato digital y en papel y el geoportal.

1.2. CARTOGRAFÍA

Para asegurar la calidad de la cartografía y homogeneizar los resultados se realizarán controles de calidad, que validarán los resultados y su documentación, y serán de obligado cumplimiento, [38].

Con el fin de obtener productos cartográficos homogéneos, se establece el marco de referencia ITRF08 en el correspondiente sistema ITRS08. La proyección será UTM en el huso 40 hemisferio norte, elipsoide WGS84 y modelo de geoide EGM08.

Las reseñas de los vértices de la red fundamental mostrarán sus coordenadas en sistema geográfico (latitud, longitud, altura elipsoidal) y en sistema proyectado (este, norte, altura ortométrica). La cuadrícula mostrada en los mapas será CUTM.

La serie 1/1000 proporcionará una representación general del proyecto, mientras que las series 1/500 y 1/250 permitirán una representación detallada del terreno. La designación de los mapas se establecerá en función del número de hojas que compone cada serie, siendo cinco para la escala más grande (1/250) y seis para la escala intermedia (1/500).

Dada la imposibilidad de disponer de cartografía de la zona, la imagen de satélite será la única referencia de la geografía del yacimiento y alrededores.

La simbología se establecerá según los criterios convencionales aplicables a las escalas en que se trabajará, de forma que se mantenga la apariencia habitual de la cartografía a escalas grandes.

1.3. GEOPORTAL

El servidor piloto de la información geográfica y arqueológica, el geoportal, requiere la creación y carga de datos en una base de datos espacial, la configuración y publicación de capas en un servicio web y la configuración de un cliente ligero que permita visualizar las capas de datos elaborados.

Al tratarse de un geoportal experimental y una nueva área de trabajo, no hay normativa al respecto, por lo que la solución que se presenta en este TFG es una de las diversas posibilidades, sin duda de las más avanzadas, para la exposición pública de los archivos cartográficos.

La base de datos será la herramienta de almacenamiento de datos geográficos y alfanuméricos. Su configuración y diseño será realizado mediante el software libre OpenGeo Suite 3.1. Además, debe disponer de un gestor de base de datos con interfaz gráfica de usuario que permita la realización de las tareas básicas de mantenimiento de la misma.

El almacenamiento de información auxiliar, por ejemplo las imágenes, se realizará mediante una estructura de directorios en el servidor. Dicha estructura estará organizada de forma intuitiva, de manera que permita el correcto mantenimiento de los datos, un acceso rápido a los datos y una localización de la información sencilla, que permitirá la utilización de este geoportal para posibles trabajos futuros, incluso por personas no familiarizadas con él.

2. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES ADMINISTRATIVAS

2.1. LEY DE PROTECCIÓN DE DATOS

La Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, tiene por objeto la regulación de la Protección de Datos de Carácter Personal. Se trata de garantizar y proteger la información personal y el derecho a la privacidad de los datos personales.

Durante la elaboración del TFG se adoptarán las medidas necesarias de tal manera que se garantice la seguridad de los datos que sean facilitados o a los que se tenga acceso, evitando su distribución, manipulación, alteración, uso inadecuado, pérdida, tratamiento y acceso no autorizado. Especial cuidado se tendrá en la interacción con internet, pues debido a la tecnología, la naturaleza de los datos y los riesgos a que estos se encuentran expuestos son actualmente muy elevados. Cualquier alteración o distribución sin permiso, ya provengan de la acción humana o del medio físico o natural, será sancionada según la normativa.

2.2. LICENCIAS

Las licencias para el software empleado serán proporcionadas por los equipos informáticos de la ETSI en Topografía, Geodesia y Cartografía, en su calidad de institución educativa en la cual se

desarrolla este TFG, según lo dispuesto en el apartado 2.2 *Instalaciones* del Anexo V: *planificación temporal del proyecto*.

Los programas informáticos de fuente abierta empleados durante la elaboración del TFG deberán ser localizables a través de sus páginas web. Se indicará las versiones empleadas así como su configuración y el procesamiento de operación. Las recomendaciones respecto a los estándares serán respetados en la medida y se fomentará la distribución del software empleado.

2.3. GARANTIA DEL MATERIAL

El software y los elementos que componen el hardware que han sido empleados para la constitución del presente TFG cuentan con dos años de garantía a partir de la fecha de recepción. Los posibles fallos o errores en cualquiera de las dos componentes serán subsanados a través de la garantía.

Esta garantía no es aplicable en la parte realizada con software libre y los equipos no adquiridos expresamente para este TFG.

2.4. DOCUMENTACIÓN A ENTREGAR

La documentación elaborada durante el TFG se entregará de forma que permita la revisión del contenido así como un seguimiento adecuado del proyecto.

Tanto la producción cartográfica así como la documentación vinculada se entregarán en formato papel y en soporte informático. En el caso del geoportal, se facilitará la documentación necesaria para acceder al mismo en las condiciones establecidas en este TFG.

La documentación asociada al proyecto deberá ser acorde a la norma ISO157001 en su revisión del año 2014, [36].

El TFG debe incorporar la metodología empleada, la solución propuesta y su realización, así como, la planificación y documentación necesaria para la reproducibilidad del proyecto si fuera preciso.

DOCUMENTO N° 5: PRESUPUESTO

1. OBJETO

Con este documento se pretende desarrollar una valoración económica aproximada del coste que supone la realización de este TFG.

Para ello, se realiza un desglose según las fases y subfases del proyecto, teniendo en cuenta en cada una de ellas el instrumental empleado, los recursos humanos, las instalaciones, etc.

A través del coste de todas las fases, teniendo en cuenta el valor económico de cada actividad, se calcula el coste total del proyecto.

Las licencias informáticas pueden ser de uso indefinido o de uso temporal. En el primer caso, se considera una inversión amortizable a cuatro años que puede sufrir actualizaciones anuales, en cuyo caso, dichas actualizaciones serían un gasto a periodificar en doce meses. En el segundo caso, es una gasto periodificable a un año. De igual manera, los equipos informáticos son una inversión amortizable a cuatro años.

Se entiende por coste el valor monetario de los factores de producción necesarios para la fabricación y salida de un producto. Estos costes pueden ser fijos o variables, pudiéndose considerar además como directos o indirectos.

La valoración final está compuesta por costes fijos (licencias, ordenadores, personal fijo, gastos de administración, etc.), costes variables (mano de obra, materiales, derivados de la fabricación o ejecución de fases) y coste final (la suma de los anteriores más el beneficio empresarial y los impuestos).

2. PRESUPUESTO

Debido a las características particulares de la zona de realización del proyecto y a la limitación del tiempo disponible, se establece la jornada laboral, incluyendo transportes, en diez horas para el trabajo de campo. En la fase de gabinete se consideran ocho horas de jornada laboral.

2.1. PRECIO UNITARIO DE MANO DE OBRA

Se establecen precios unitarios por mano de obra, estableciendo los precios por horas según la situación actual del mercado laboral.

Tabla 11: Precio mano de obra.

Recurso	€/hora
Graduado en Geomática (campo)	30,00
Graduado en Geomática (gabinete)	20,00

Aplicando estos valores se obtiene:

Tabla 12: Precio desglosado de mano de obra.

Recursos humanos	Concepto	Cantidad	Tiempo (h)	€/hora	Total (€)
Graduado en Geomática (campo)	Operario	2	70,00	30,00	4.200,00
Graduado en Geomática (gabinete)	Ingeniero Jefe proyecto	1	496,00	20,00	9.920,00
	Técnico de edición	1	1.048,00	12,00	12.576,00
	Programador informático	1	488,00	20,00	9.760,00
TOTAL					36.456,00

2.2. PRECIO UNITARIO DE RECURSOS MATERIALES

A continuación, se desglosan los precios de los recursos materiales empleados diferenciando el material geomático, el informático y el coste del uso de instalaciones.

El material topográfico es de alquiler, por lo que se incluyen trípodes, baterías y demás elementos auxiliares en el precio, [61].

Tabla 13: Precio de alquiler del instrumental empleado.

Alquiler del instrumental	Concepto	€/Semana	Semanas	Total (€)
Material Topográfico	Pareja Referencia (Fijo) Bifrecuencia y Móvil Bifrecuencia Radio RTK	650,00	2	1.300,00
	Móvil Bifrecuencia Radio RTK / GPRS	390,00	2	780,00
TOTAL				2.080,00

Se considera una amortización del equipo informático a cuatro años.

Tabla 14: Precio por recurso material.

Recursos materiales	Concepto	Cantidad	€/Unidad	€/Mes	Total (€)
Equipo informático	CPU portatil Intel Core i5. RAM, 8MB. Tarjeta gráfica NVIDIA 2GB	1	789,00	16,44	197,25
	CPU de mesa Intel Core i5. RAM, 6MB. Tarjeta gráfica Graphics 2000	1	2.032,00	42,33	508,00
	CPU de mesa Intel Core Duo RAM 2MB	1	420,00	8,75	105,00
	Plotter	30	5,00	-	150,00
Consumo de instalaciones	Energía eléctrica, calefacción, varios (horas)	12	129,38	-	1.552,61
TOTAL					2.512,86

También, se definen los precios derivados del uso de las licencias del software empleado. Se consideran licencias de uso temporal de un año (LGO y ArcGIS) y licencias de uso indefinido (Bernese, Microsoft Office) con una amortización a cuatro años.

Tabla 15: Precio de las licencias de software.

Software	Concepto	Cantidad	Precio (€)	€/Mes	Total (€)
Licencias	LGO	2	6.000,00	500,00	12.000,00
	ArcGIS	2	4.500,00	375,00	9.000,00
	Microsoft Office	3	387,00	8,06	290,25
	Bernese	1	22.685,92	472,62	5.671,48
TOTAL					26.961,73

2.3. PRESUPUESTO TOTAL

Considerando un beneficio empresarial del quince por ciento y aplicando el Impuesto de Valor Añadido (IVA) el coste total del proyecto asciende a noventa y cuatro mil seiscientos treinta y seis euros con setenta y tres céntimos.

Tabla 16: Presupuesto del proyecto.

Presupuesto	Parcial	Total (€)
Total		68.010,59
Beneficio empresarial (15%)	10.201,59	78.212,18
IVA (21%)	16.424,56	94.636,73
Total con IVA		94.636,73

DOCUMENTO Nº 6: ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

1. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1.1. INTRODUCCIÓN

El área geográfica donde se realiza la observación de campo es de aproximadamente un kilómetro cuadrado. Es en su mayoría una extensión llana excepto por la existencia de un tell, en turkmeno “depe”. Al pie de la colina destaca un importante asentamiento todavía no excavado y, al norte, un antiguo canal.

Durante la toma de datos de campo habrá que tener en cuenta el bienestar del operario durante la jornada, de manera que la mochila para transportar el equipo no le cause molestias y contracturas en espalda y cuello. Para ello, la mochila deberá tener cintas para ajustarse al tamaño de los hombros y espalda de la persona que la transporta, así como un ajuste a la cintura para evitar el balanceo.

Respecto a la fase de gabinete habrá que tener en cuenta la ergonomía de los puestos destinados a tareas informáticas. La postura del operador deberá ser la adecuada para evitar daños físicos derivados de posturas indebidas.

Se seguirá el reglamento indicado en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud.

1.2. ALCANCE

El alcance de este estudio es la evaluación y la asignación de criterios necesarios para llevar a cabo el proyecto sin que suponga un riesgo para la seguridad o la salud de los operarios implicados.

Para la confección de este apartado se han seguido las pautas descritas por el Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad Autónoma de Madrid en el texto “Recomendaciones para la elaboración de estudios de seguridad y salud”, [10].

2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El estudio de seguridad y salud se define como el conjunto de documentos que tiene como finalidad desarrollar los posibles problemas que surjan antes, durante y después del proyecto en materia de seguridad y salud para los trabajadores, así como el establecimiento de las medidas preventivas que en cada caso se juzguen más eficaces.

A continuación, se comentan los aspectos a tener en cuenta para la prevención de daños de cualquier índole que puedan surgir durante la elaboración de este TFG.

2.1. POSIBLES RIESGOS

Los posibles riesgos a los que se expone a los trabajadores durante el desarrollo del TFG se pueden dividir en dos apartados de la fase experimental: la captura de datos y el tratamiento de dichos datos.

2.1.1 Operaciones de campo

Los posibles perjuicios que un operario puede sufrir son:

- Riesgo de lesiones en extremidades inferiores. Especialmente de tobillo o de rodilla.
- Riesgo de lesiones en extremidades superiores. Daños en el omóplato o en el codo por el continuo transporte de peso de la instrumentación empleada.
- Riesgo de insolación.
- Riesgo visual por exceso de luz solar.

2.1.2 Operaciones en gabinete

- Lesiones de cuello por posturas incorrectas.
- Lesiones de extremidades superiores. Daños de muñeca o de codo por el trabajo con teclado.
- Falta de confort debido a la silla y condiciones ambientales inapropiadas de la zona de trabajo.
- Riesgo de fatiga visual debido a las pantallas de ordenador y al constante enfoque a corta distancia.
- Fatiga mental.

2.2. PREVENCIÓN

Se establecen y adoptan, en la medida de lo posible, ciertas pautas que constituyan una acción preventiva para los posibles riesgos.

De igual manera que en el apartado anterior, se distinguen dos etapas dentro de la fase experimental, constituyendo dos entidades diferenciadas para el estudio de prevenciones de riesgos laborales.

2.2.1 Operaciones de campo

Se proporcionará la información necesaria acerca de las circunstancias del área de trabajo antes del comienzo de la campaña de excavación, de tal forma que los trabajadores estén preparados y conformes con las condiciones que se dan en Turkmenistán.

Los operarios deben estar provistos de ropa y calzado cómodo y adecuado para el desierto y las altas temperaturas.

Asimismo, se dispondrá de buena protección visual, es decir, gafas de alta gama, alto factor de protección para evitar el daño y la fatiga visual.

La protección de la piel consistirá en varios elementos: protección mediante el vestuario, protección anti-insectos y protección solar. En primer lugar, la indumentaria consistirá en elementos holgados que permitan la corriente de aire sin dejar de lado la comodidad de movimientos y sombreros para proteger la cabeza de los rayos solares. En segundo lugar, se tendrá en cuenta la posibilidad de picaduras de insectos, por ello, se debe completar el equipo individual de los operarios con una loción anti-mosquitos o cualquier tipo de repelente, mosquiteras para las habitaciones y ungüentos para el alivio de picaduras. Respecto al tercer punto, a pesar de que la piel posee mecanismos de fotoprotección naturales no es suficiente, por ello, una buena protección de piel mediante el uso de cremas protectoras adecuadas según el FPS (Factor de Protección Solar) será determinante para la prevención del riesgo de insolación y quemaduras.

El uso correcto de productos cuya finalidad es prevenir los efectos adversos de la radiación solar ha de tenerse muy presente, [11]. Los diversos tipos de radiación tienen efectos sobre el cuerpo humano según se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 17: Efectos biológicos de las radiaciones.

RADIACIÓN UVA	RADIACIÓN UVB	RADIACIÓN IR
Pigmentación inmediata	Bronceado	Acción calorífica
Escaso poder eritematígeno	Síntesis de vitamina D	Enrojecimiento
Alteraciones del ADN	Eritema actínico	Aumento de temperatura
Fotoenvejecimiento	Engrosamiento del estrato córneo	Potencia los efectos negativos de la radiación UV
Fotocarcinogénesis	Alteraciones del sistema inmunitario	
Fototoxia y fotoalergia	Fotocarcinogénesis	
Alteraciones del sistema inmunitario		

El FPS es un índice que indica el tiempo que una persona puede permanecer expuesta al sol antes de comenzar el riesgo de daños físicos, es decir, protegiéndose de las radiaciones solares. El fototipo cutáneo del individuo interviene en este factor, no protegiendo igual a una piel clara que a una oscura y, por tanto, la elección del factor deberá ser la adecuada en función de las características de cada sujeto. Igualmente, habrá que tener en cuenta que la radiación solar varía en función en las condiciones ambientales. Ésta no es la misma ni afecta del mismo modo de un día para otro, durante el desarrollo del día o en todas las estaciones del año. Ante cualquier cambio de color o si aparecen manchas se debe acudir a un especialista, [11].

2.2.2 Operaciones en gabinete

Se deberá contar con mobiliario adecuado para la actividad informática que se va a desarrollar. Esto incluye una mesa y silla cómodas, espaciosas y de características adecuadas al peso y altura de los operarios. La mesa debe tener unas dimensiones que posibiliten la extensión de todo material necesario sobre ella tales como el ordenador, cuadernos, área de escritura, etc. Se recomiendan las medidas (120x90x70) cm. La silla debe ser regulable en altura, respaldo e inclinación. Se recomienda que el respaldo sea cóncavo a nivel torácico y convexo a nivel lumbar así como que posea reposabrazos.

El material informático y accesorios tienen que ser los adecuados para la actividad a desarrollar. Los criterios que se deben respetar están relacionados con la pantalla del ordenador, el teclado y la conexión. Los monitores no deben ser llamativos ni deben tener reflejos ni materiales reflectantes. La limpieza del polvo así como la luminosidad y contrastes adecuados harán más cómodo el trabajo. Se recomienda que el teclado pueda ser regulable en inclinación y suave en la manipulación. Las conexiones por cable deberán estar reguladas evitando las ramificaciones de la toma principal por medio de elementos externos a la propia red. Tampoco deben tenerse los cables sobre la mesa ni entrar en contacto con el área de trabajo.

Se buscará la iluminación y las condiciones ambientales óptimas en función de la zona de estudio y de las características del mobiliario y del operario. Además, se evitarán posibles focos de ruido.

Entre las condiciones del entorno a tener en cuenta están la temperatura, la iluminación y la humedad. Será importante una buena ventilación del entorno de trabajo antes de iniciar la sesión. La luz blanca debe predominar en la estancia. Se dispondrá de un foco de luz individualizado para la mesa si es necesario.

La humedad relativa y la temperatura están en íntima relación. Se aconseja mantener una temperatura ambiental entre 19°C y 24°C con una humedad de entre el 40% y 70%, [12].

La postura del operario será ergonómica. La distancia entre pantalla y ojos adecuada y se debe controlar la posición de la espalda, piernas y brazos para evitar lesiones musculares.

3. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Todo trabajo desarrollado en alguna zona tiene un impacto medioambiental en mayor o menor medida. Se debe estimar el posible impacto producido por la contaminación del agua, del aire, del suelo, la generación de residuos, la emisión de ruidos y la de calor.

Se indicarán, si fuera el caso, los perjuicios al medio urbano o rural, la fauna, la vegetación, la geología, suelo, el clima, el paisaje y las áreas de protección del patrimonio cultural, histórico o artístico, [13].

3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS REALIZADAS

Respecto al trabajo de toma de datos en campo, el impacto ambiental más importante es la materialización permanente de los vértices de la red fundamental mediante un hito tipo *Feno* y varilla de hierro corrugada, quedando finalmente las señales semienterradas con el fin de que su impacto fuese el mínimo posible. El levantamiento RTK no conlleva acciones más allá de caminar sobre la zona de trabajo y la señalización de referencias mediante el trazado de líneas que pueden borrarse con la acción climatológica, ya sea viento o agua.

El impacto de los trabajos topográficos de campo no conlleva alteración de la extensión geográfica de la zona de actuación más allá de lo expuesto, tampoco ningún tipo de movimiento de tierras.

3.2. ESTIMACIÓN DE EFECTOS

Los efectos que pueden derivarse de las actividades humanas debido a la descripción del trabajo realizado lleva asociado una serie de efectos que se detallan a continuación.

Respecto a las consecuencias producidas por la señalización y observación de la red fundamental, los vértices de la red podrían haber alterado un posible hábitat subterráneo. Esta posible modificación sería más importante en el caso del hito tipo *Feno* debido a la profundidad que alcanza su anclaje. La cabeza del hito *Feno* es de resina resistente y los anclajes son de acero. En principio, no hay posibilidad de la deformación de estos materiales y, por tanto, no es probable la contaminación del suelo producido por componentes de los materiales empleados.

No se encuentra ningún entorno rural o urbano en el que la actividad desarrollada pueda influir así como tampoco se puede alterar el clima mediante las acciones desplegadas en la zona.

En ningún caso las labores realizadas llevan asociadas una contaminación de masas de agua, por deshechos o residuos ni por contaminación del aire.

La contaminación por ruido o vibraciones no se contempla ya que ninguna de las actividades realizadas los provoca.

Tampoco se han causado modificaciones en áreas protegidas ni se han modificado las zonas de patrimonio histórico o cultural. La flora y la fauna del área de actuación no han sufrido alteraciones.

Tras este breve estudio se puede concluir que las actuaciones llevadas a cabo en el área arqueológica de Geoktchik Depe se pueden calificar de medioambientalmente muy leves. Dichas maniobras son las mínimamente implicadas debido al mero hecho de la presencia humana.